



FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA

VALORIZAÇÃO DE ESCOMBREIRAS DA INDÚSTRIA EXTRACTIVA DE MÁRMORES NO ALENTEJO

Tatiana Saldanha Garcia Morais Ribeiro
(Licenciada)

Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Geológica (Georrecursos)

Orientador: Doutor Paulo Carmo Sá Caetano

Júri:

Presidente: Doutor José António de Almeida

Vogais: Doutor Carlos Manuel Sousa Nunes da Costa
Eng.^a Ângela Maria Jesus Sequeira Serra Nunes
Doutor Paulo Carmo Sá Caetano

Maio 2011

Valorização de escombreiras da indústria extractiva de mármore no Alentejo

Copyright © Tatiana Saldanha Garcia Morais Ribeiro, 2011

A Faculdade de Ciências e Tecnologia e a Universidade Nova de Lisboa têm o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar esta dissertação através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de outra forma digital, ou por qualquer meio conhecido ou que venha a ser inventado, e de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua própria cópia e distribuição com objectivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.

Agradecimentos

Gostaria de agradecer ao meu orientador, Professor Paulo Caetano, primeiro pela oportunidade que me deu à realização desta tese, e depois à confiança, carinho e amizade que sempre demonstrou mesmo em alturas mais complicadas. Um muito obrigada por todos os ensinamentos e pelo seu exemplo como pessoa e profissional que demonstrou ser.

Agradeço à Fundação da Faculdade de Ciências e Tecnologia, através do CICEGe – Centro de Investigação em Ciência e Engenharia Geológica, a atribuição da bolsa de investigação científica e a disponibilização de meios para a realização de trabalhos de campo e de gabinete.

Agradeço à eGiamb – Estudos Geológicos e de Impacte Ambiental, Consultores Lda., a possibilidade de colaborar no desenvolvimento deste projecto e pela disponibilização de dados referentes aos mármore de Estremoz, em particular ao Professor Carlos Costa a sua colaboração na orientação científica desta dissertação

Agradeço à Secil-Outão, em particular à Engenheira Ângela Nunes, pela realização dos ensaios de caracterização química das amostras e pela possibilidade de acompanhar esses trabalhos nos laboratórios da empresa.

Um agradecimento, de um modo geral, a todos os docentes e pessoas que passaram pela minha vida académica e que permitiram que chegasse a esta etapa tão importante. Em especial à Professora Graça Brito, pela ajuda, paciência e pela sua constante alegria e boa disposição.

Um especial agradecimento ao Daniel Vendas, Marco Rocha e ao Engenheiro Vitor Vermelhudo pela ajuda e disponibilidade que sempre demonstraram no decorrer deste projecto.

Queria dedicar um especial agradecimento a todos os meus colegas e amigos, em particular à Mariana Silva, Rute Gomes, Sara Rocha, Pedro Sousa, Mário Cândido e Rui Almeida, com quem partilhei muitos momentos. Um muito obrigada pela sua amizade e por tudo o que aprendi com eles, tanto a nível académico como a nível pessoal.

Por último, mas não menos importante, queria agradecer à minha família e amigos por todo o apoio e amizade demonstrados ao longo destes anos.

Resumo

Todos os anos milhões de toneladas de desperdício de mármore são acumuladas nas escombreyras dos concelhos de Estremoz, Borba e Vila Viçosa (Zona dos Mármore) pela indústria extractiva local. Este enorme desperdício, que ronda 80 a 90% do total da rocha extraída, deve-se à conjugação de factores de várias ordens, entre os quais predominam o elevado grau de fracturação da jazida, que impede a produção de blocos com dimensão comercial mínima e aspectos de ordem estética (presença de manchas, fios, etc.), que desvalorizam a pedra, ao ponto de a tornar inaproveitável para uso como rocha ornamental.

A presente dissertação visa efectuar o primeiro passo na avaliação da viabilidade técnica de utilização desta enorme quantidade de mármore para diversos fins industriais. Para tal, foi realizado um programa de amostragem que se baseou num zonamento representativo da jazida de mármore tendo em conta, não só o conhecimento científico já existente, como a produção histórica e actual, para que, com base nos quantitativos estimados das diferentes variedades de desperdício de mármore disponíveis nas escombreyras da região e passíveis de serem produzidos num futuro próximo, a caracterização laboratorial subsequente pudesse incidir sobre matérias-primas efectivamente representativas e viáveis.

A selecção dos locais de amostragem foi feita em sucessivas etapas, designadamente através de: (i) inventariação do maior número possível de escombreyras da região a partir de imagens aéreas (ii) a aplicação de um modelo em SIG que permitiu a ordenação provisória das escombreyras segundo critérios e parâmetros que melhor traduzissem as suas potencialidades, (iii) a validação no terreno dos parâmetros do modelo (iv) a afinação dos resultados, com o estabelecimento de uma lista definitiva, com um mínimo de trinta escombreyras a amostrar.

Após campanha de trabalhos de campo com amostragem das trinta escombreyras foram realizados ensaios laboratoriais com vista à caracterização química das amostras. Os ensaios consistiram na determinação de teores de CaCO_3 , de Fe, Al, Si, Mg e outros cationes e de valores de carbono orgânico total, perda ao fogo e resíduo insolúvel.

Complementarmente, foi efectuado um estudo de enquadramento das escombreyras nos instrumentos de ordenamento territorial, com vista a serem tomados em consideração estes factores na selecção final das escombreyras a estudar em maior pormenor.

Palavras-chave: mármore, escombreyras, valorização, ordenamento do território, Alentejo.

Abstract

It is estimated that approximately 80 to 90% of the total stone extracted by the ornamental stone industry in the Estremoz, Borba and Vila Viçosa region (the Marble Zone) is wasted and accumulated in the numerous tailings piles of the region. This enormous amount of waste, corresponding to millions of tons of stone each year, is due to the combination of a variety of factors, among which predominate the high fracturing degree of the rock deposits, which prevents the production of blocks with adequate trade sizes, and aesthetic aspects (presence of weathering oxidations, smudges, veins, etc.), which devalue the stone, to the point of making it unsuitable for ornamental use.

The present dissertation aims at evaluating the feasibility of the industrial use of marble waste produced by the Marble Zone ornamental stone industry. In order to do so, the study consisted of delineating a sampling plan based on the zoning of the mineral deposit considering, not only the existent scientific knowledge, but also the historic and present levels of stone production. Therefore, taking into account the estimated quantities of the different varieties of marble waste, subsequent detailed laboratorial characterization could focus only on the most representative and viable raw-materials.

The selection of the sampling sites was accomplished by following successive phases: (i) inventory of the largest possible number of tailings piles in the region based on aerial images; (ii) application of a GIS model that allowed produced an ordered list of tailings piles according to parameters and criteria that best reflected their valorization potential; (iii) field work to validate the model; (iv) establishment of a final list of a minimum of 30 tailings piles (samples).

After field work campaigns, the collected 30 samples were sent to laboratory analyses for chemical characterization. These analyses consisted in the determination of the content in CaCO_3 , Fe, Al, Si, Mg and other cations, and of the values for total organic carbon, loss on ignition and insoluble residue.

In addition to this part of the study, a survey was made of the land management plans of the region and of the location of the inventoried tailings piles in order to also take in to consideration issues concerning effective land planning when the final selection of the tailings piles to be studied in more detail is completed.

Keywords: marbles, tailings piles, valorization, land planning, Alentejo.

ÍNDICE

AGRADECIMENTOS.....	V
RESUMO.....	VII
ABSTRACT	IX
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XIII
ÍNDICE DE TABELAS	XV
1 INTRODUÇÃO	1
1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS	1
1.2 UTILIZAÇÃO INDUSTRIAL DE ROCHAS CARBONATADAS/ CaCO_3	1
1.3 APLICAÇÃO INDUSTRIAL DO MÁRMORE ALENTEJANO	2
1.4 OBJECTIVOS E ESTRUTURA DA TESE	5
2 ENQUADRAMENTO	7
2.1 ENQUADRAMENTO GEOGRÁFICO.....	7
2.2 ENQUADRAMENTO GEOLÓGICO	8
2.2.1 <i>Geologia</i>	8
2.2.2 <i>Caracterização Mineralógica e Petrográfica</i>	11
2.2.3 <i>Composição Química</i>	12
2.2.4 <i>Massas volúmicas, Porosidade e Absorção</i>	12
2.2.5 <i>Granulometrias</i>	13
2.3 ENQUADRAMENTO LEGAL	14
2.3.1 <i>Dos recursos geológicos (geral)</i>	14
2.3.2 <i>Da exploração dos mármore</i>	16
2.4 INSTRUMENTOS DE ORDENAMENTO DO TERRITÓRIO APLICÁVEIS	17
2.4.1 <i>Plano Regional de Ordenamento da Zona dos Mármore (PROZOM)</i>	17
2.4.2 <i>Planos Directores Municipais (PDM)</i>	19
2.4.2.1 PDM de Estremoz	19
2.4.2.2 PDM de Borba	19
2.4.2.3 PDM de Vila Viçosa.....	20
3 DESCRIÇÃO DOS TRABALHOS REALIZADOS	21
3.1 ABORDAGEM METODOLÓGICA	21
3.2 FASE 1 - SELECÇÃO DOS LOCAIS DE AMOSTRAGEM	23
3.2.1 <i>Trabalhos de Gabinete</i>	23
3.2.2 <i>Trabalhos de Campo</i>	26
3.2.2.1 <i>Medição das alturas das escombreiras</i>	28
3.2.2.2 <i>Cálculo da altura das escombreiras</i>	29
3.2.3 <i>Tratamento dos Dados</i>	31
3.2.4 <i>Resultados</i>	32
3.3 FASE 2 - PROGRAMA DE AMOSTRAGEM.....	36
3.3.1 <i>Introdução</i>	36
3.3.2 <i>Organização do Trabalho de Amostragem</i>	39

3.3.2.1	Fichas de campo	39
3.3.2.2	Plano de amostragem	40
3.3.3	<i>Sector de Estremoz</i>	44
3.3.3.1	Núcleo de Cruz de Meninos	44
3.3.4	<i>Sector de Borba</i>	45
3.3.4.1	Núcleo de Borba	45
3.3.5	<i>Sector de Vila Viçosa</i>	47
3.3.5.1	Núcleo de Mouro-Vigária	47
3.3.5.2	Núcleo de Lagoa	49
3.3.5.3	Núcleo de Pardais	50
3.4	ENSAIOS DE CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA	52
3.4.1	<i>Ensaaios Laboratoriais</i>	52
3.4.2	<i>Resultados</i>	52
3.4.2.1	Sector de Estremoz - Núcleo de Cruz de Meninos	53
3.4.2.2	Sector de Borba - Núcleo de Borba	54
3.4.2.3	Sector de Vila Viçosa	56
3.4.2.3.1	Núcleo de Mouro-Vigária	56
3.4.2.3.2	Núcleo de Lagoa	57
3.4.2.3.3	Núcleo de Pardais	59
3.4.3	<i>Síntese geral</i>	61
3.5	ANÁLISE ESTATÍSTICA DE DADOS	62
3.5.1	<i>ACP dos Resultados Obtidos</i>	62
3.6	ENQUADRAMENTO DAS ESCOMBREIRAS NOS INSTRUMENTOS DE ORDENAMENTO TERRITORIAL	65
3.6.1	<i>PROZOM</i>	65
3.6.2	<i>UNOR 1 - Estremoz</i>	65
3.6.3	<i>UNOR 2 - Borba/Barro Branco/Ruivina</i>	66
3.6.4	<i>UNOR 3 - Vigária</i>	67
3.6.5	<i>UNOR 4 - Lagoa</i>	67
3.6.6	<i>UNOR 5 - Pardais</i>	68
3.6.7	<i>PDM de Estremoz</i>	68
3.6.8	<i>PDM de Borba</i>	70
3.6.9	<i>PDM de Vila Viçosa</i>	71
4	SINTESE DOS RESULTADOS	73
5	CONCLUSÕES	75
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	77
	ANEXO I – LISTAGEM DAS ESCOMBREIRAS INVENTARIADAS	79
	ANEXO II – RESULTADOS OBTIDOS DA ANÁLISE DO TOTAL DAS ESCOMBREIRAS INVENTARIADAS	85
	ANEXO III – FICHAS DE CAMPO	91

Índice de Figuras

Figura 1.1- Centro de produção de agregados de Vila Viçosa	3
Figura 1.2 – Exemplo da lista de produtos certificados da Mota Engil na pedreira de Vila Viçosa	3
Figura 2.1 - Localização geográfica.....	7
Figura 2.2 - O Anticlinal de Estremoz	8
Figura 2.3 - Sequência estratigráfica do Anticlinal de Estremoz.....	9
Figura 2.4 - Zonamento geoeconómico da Zona dos Mármorez	10
Figura 2.5 - Algumas variedades de mármorez da Zona dos Mármorez e respectivas designações comerciais	11
Figura 2.6 - Limites da área cativa de Estremoz, Borba e Vila Viçosa.....	16
Figura 2.7 - Localização das UNOR	18
Figura 3.1 – Esquema ilustrativo de toda a sequência metodológica	22
Figura 3.2 - Localização de escombrelras na imagem de satélite	23
Figura 3.3 – Localização de escombrelras na carta militar.....	24
Figura 3.4 – Representação de um tronco de cone circular recto.....	25
Figura 3.5 – Cálculo da área equivalente	25
Figura 3.6 – Aspecto de algumas escombrelras na Zona dos Mármorez	27
Figura 3.7 – Hipsómetro Blume-Leiss.....	28
Figura 3.8 – Representação dos dois cenários analisados	30
Figura 3.9 – Localização das 38 escombrelras e das principais vias de comunicação da região	35
Figura 3.10 – Cabeçalho das fichas de campo	39
Figura 3.11 – Localização dos núcleos de exploração.....	40
Figura 3.12 – Mapa de localização das 30 escombrelras seleccionadas.....	41
Figura 3.13 – Localização das escombrelras do sector de Estremoz, núcleo de Cruz de Meninos.....	45
Figura 3.14 – Mapa com a localização das escombrelras no sector/núcleo de Borba	47
Figura 3.15 – Mapa com a localização das escombrelras no sector de Vila Viçosa, núcleo de Mouro-Vigária	48
Figura 3.16 – Mapa com a localização das escombrelras no sector de Vila Viçosa, núcleo de Lagoa	49
Figura 3.17 – Mapa da localização das escombrelras no sector de Vila Viçosa, núcleo de Pardais.....	51
Figura 3.18 – Teores de CaCO_3 no núcleo de Cruz de Meninos.	54
Figura 3.19 – Teores de CaCO_3 no núcleo de Borba.	55
Figura 3.20– Teores de CaCO_3 no núcleo de Mouro-Vigária.	57
Figura 3.21 – Teores de CaCO_3 no núcleo de Lagoa.....	59
Figura 3.22 – Teores de CaCO_3 no núcleo de Pardais.	60
Figura 3.23 – Análise em Componentes principais: a) e b) – projecção das variáveis nos planos factoriais F_1/F_2 e F_1/F_3 respectivamente; c) e d) – projecção das amostras e variáveis nos planos factoriais F_1/F_2 e F_1/F_3 respectivamente.....	64
Figura 3.24 – Localização das escombrelras na UNOR 1 - Estremoz	66
Figura 3.25 – Localização das escombrelras na UNOR 2 - Borba/Barro Branco/Ruivina.....	66
Figura 3.26 – Localização das escombrelras na UNOR 4 - Lagoa	67

Figura 3.27 – Localização das escombreiras na UNOR 5 - Pardais	68
Figura 3.28 – Extracto da Carta de Ordenamento do PDM de Estremoz.....	69
Figura 3.29 – Extracto da Carta de Condicionantes do PDM de Estremoz.....	69
Figura 3.30 – Extracto da Carta de Ordenamento do PDM de Borba.....	70
Figura 3.31 – Extracto da Carta de Condicionantes do PDM de Borba	70
Figura 3.32 – Extracto da Carta de Ordenamento do PDM de Vila Viçosa	71
Figura 3.33 – Extracto da Carta de Condicionantes do PDM de Vila Viçosa	71

Índice de Tabelas

Tabela 2.1- Composição mineralógica	12
Tabela 2.2 - Composição química	12
Tabela 2.3 – Massas volúmicas, porosidade e absorção	13
Tabela 2.4 - Composição granulométrica	14
Tabela 2.5 – Características gerais das UNOR	18
Tabela 3.1 – Resultados obtidos das 38 escombreyas pré-seleccionadas para o plano de amostragem.....	34
Tabela 3.2 – Alterações à lista inicial de amostragem produzida na Fase 1	37
Tabela 3.3 - Lista de amostragem rectificadapós observação no campo.....	38
Tabela 3.4 – Escombreyas amostradas por núcleo de exploração	40
Tabela 3.5 - Síntese das características das escombreyas amostradas nos diferentes núcleos de exploração.....	43
Tabela 3.6 – Escombreyas do Sector de Estremoz	44
Tabela 3.7 – Escombreyas do Sector de Borba – Núcleo de Borba.....	46
Tabela 3.8 - Escombreyas do Sector de Vila Viçosa – Núcleo de Mouro-Vigária	48
Tabela 3.9 – Escombreyas do Sector de Vila Viçosa – Núcleo de Lagoa.....	50
Tabela 3.10 – Escombreyas do Sector de Vila Viçosa – Núcleo de Pardais.....	51
Tabela 3.11 - Ensaio de caracterização química – Núcleo de Cruz de Meninos	53
Tabela 3.12 – Ensaio de caracterização química – Núcleo de Borba	54
Tabela 3.13 – Ensaio de caracterização química – Núcleo de Mouro-Vigária.....	56
Tabela 3.14 – Ensaio de caracterização química – Núcleo de Lagoa.....	58
Tabela 3.15 – Ensaio de caracterização química – Núcleo de Pardais.....	59
Tabela 3.16 – Ensaio de caracterização química – Síntese	61
Tabela 3.17 – Contribuições das componentes principais (absolutas e acumuladas) em relação ao eixo correspondente	63
Tabela 3.18 - Correlação entre as variáveis (análise bi-variada)	63
Tabela 3.19 – Coordenadas das variáveis em relação aos respectivos eixos	64

1 INTRODUÇÃO

1.1 Considerações Iniciais

Todos os anos milhões de toneladas de desperdício de mármore são acumuladas nas escomboreiras dos concelhos de Estremoz, Borba e Vila Viçosa pela indústria extractiva local. Este enorme desperdício, que ronda 80 a 90% do total da rocha extraída, deve-se à conjugação de factores de várias ordens, entre os quais predominam o elevado grau de fracturação da jazida, que impede a produção de blocos com dimensão comercial mínima e aspectos de ordem estética (presença de manchas, fios, etc.), que desvalorizam a pedra, ao ponto de a tornar inaproveitável para uso como rocha ornamental. Do ponto de vista mineralógico, o mármore é, à semelhança dos calcários sedimentares, praticamente constituído por calcite, ou seja, quimicamente é Carbonato de Cálcio (CaCO_3).

1.2 Utilização Industrial de Rochas Carbonatadas/ CaCO_3

Independentemente da sua proveniência (sedimentar/metamórfica) o CaCO_3 possui as mais diversas aplicações, designadamente para vários tipos de indústrias: indústria do vidro, indústrias químicas e produtos farmacêuticos, ambiente, agricultura, agro-alimentar e indústria agrícola, plásticos e borrachas, cargas, para os sectores de tintas, betumes, plásticos, borracha, papel, linóleo, adesivos, cerâmica, química, etc.; vedantes, construção civil e obras públicas, siderurgia, fabricação de magnésio a partir da água do mar, indústria do ferro e do aço, indústria do açúcar, indústria dos metais não ferrosos, indústria do papel, indústria do cabedal, indústria têxtil, indústria dos sabões e velas, indústria dos combustíveis e aliadas (MANUPPELLA et al., 1981).

Especificamente para os desperdícios de mármore, LADEIRA (1977) refere que as suas aplicações são muito numerosas, principalmente para a indústria química, no entanto esta aplicação não gera consumos em grande escala, logo não se torna numa solução muito viável tendo em conta a quantidade de resíduos acumulados nas escomboreiras.

É necessário, também, ter em conta que existem algumas especificações relativas à utilização deste tipo de material em algumas indústrias que são bastante restritivas. Um bom exemplo deste facto é a indústria do vidro (LADEIRA, 1977).

As únicas aplicações que podem levar a um grande consumo deste material são as que se destinam às indústrias da construção civil e, não em tão larga escala, na fabricação de cal e cimento e na calagem de solos ácidos, na agricultura. No caso da utilização de cal, uma aplicação interessante passa pela sua utilização no tratamento de solos argilosos visando contrariar comportamentos geotécnicos deficientes típicos deste tipo de solos (SILVA, 2011). A estabilização de solos com cal, é um método económico e permite melhorar a resistência mecânica, a deformabilidade e a permeabilidade, possibilitando a sua utilização, por exemplo, como camadas de base e sub-base de

pavimentos rodoviários. Em Portugal, destacam-se também os estudos desenvolvidos pelo Laboratório Nacional de Engenharia Civil na aplicação de cal na construção de estradas e aeródromos. Mais recentemente, esta técnica foi utilizada em sublanços das auto-estradas A2 e A10 (SILVA, 2011).

Segundo COSTA et al. (1991), na década de 90 o LNEC realizou alguns estudos que demonstraram que os desperdícios de mármore possuem boas características físicas e mecânicas confirmando a sua viabilidade na utilização em grandes empreendimentos da construção civil e obras públicas.

No domínio das obras rodoviárias, (COSTA, 1992) considerou as seguintes aplicações potenciais:

- aterros (ou pedraplenos);
- sub-base britada;
- base de granulometria extensa e britada;
- filler para misturas betuminosas;
- agregado para misturas betuminosas destinadas a camadas de base (em macadame betuminoso) ou a camadas de regularização (em mistura betuminosa densa);
- agregados para misturas com ligantes hidráulicos destinados a camadas de base (betões pobres) ou camadas de desgaste (betões de cimento).

1.3 Aplicação Industrial do Mármore Alentejano

A primeira aplicação de desperdícios de mármore de grandes dimensões numa obra rodoviária com elevada exigência ocorreu quando se utilizou cerca de 300 mil toneladas em camadas granulares do pavimento no sublanço Évora-Estremoz da auto-estrada A6 (COSTA, 1992).

Actualmente existem diversas empresas que utilizam os desperdícios de mármore como matéria-prima para as suas obras. A Mota-Engil é um bom exemplo deste tipo de empresas: “Aliando uma experiência de mais de 60 anos ao seu reconhecido pioneirismo nas técnicas de construção, a Mota-Engil Engenharia é responsável, em Portugal e noutros países, pela realização de grandes projectos, tais como: pontes e barragens, estradas e vias rápidas, ferrovias, portos e aeroportos, canais e túneis, e diversas infra-estruturas nas áreas do Ambiente, Saúde, Comércio e Indústria.” (<http://www.mota-engil.pt/AreaDetail.aspx?contentId=37>)

O centro de produção de agregados de Vila Viçosa (Figura 1.1) encontra-se próximo das explorações de mármore da região, aproveitando como matéria-prima os blocos de menores dimensões resultantes da produção de rocha ornamental. Os agregados produzidos possuem boa qualidade para o fabrico de betão, argamassa, utilização em obras de engenharia civil e construção rodoviária e enrocamentos, podendo em algumas circunstâncias serem utilizados no fabrico de misturas betuminosas (Figura 1.2).



Figura 1.1- Centro de produção de agregados de Vila Viçosa

Fonte: http://agregados.mota-engil.eu/index.php?option=com_content&task=view&id=56&Itemid=73



MOTA-ENGIL, ENGENHARIA E CONSTRUÇÃO, S.A. - direcção de agregados

LISTA DE PRODUTOS CERTIFICADOS

PEDREIRA DE VILA VIÇOSA

MATÉRIA PRIMA: MÁRMORE

PRODUTO			APLICAÇÃO DE ACORDO COM AS NORMAS HARMONIZADAS					
Grupo	Designação Comercial	Designação Comenta	EN 12 620	EN 13 139	EN 13 043	EN 13 242	EN 13 383-1	EN 13 450
AF	0/4	Pó de pedra	•	•	•	•		
AF	0/4L	Meia areia	•	•	•	•		
AF	0/6	Pó de pedra	•	•	•	•		
AF	4/6	Gravilha	•	•	•	•		
AG	6/14	Brita 6/14	•		•	•		
AG	14/20	Brita 14/20	•		•	•		
AG	20/32	Brita 20/32	•		•	•		
AG	20/40	Brita 20/40	•		•	•		
AGE	AGE 0/32 B	Tou-Verant de base	•		•	•		
ENRCC	0/180	Rachão	•			•	•	
ENRCC	0/250	Rachão	•			•	•	
ENRCC	63/180	Rachão calibrado	•			•	•	

Legenda:

EN 12 620 - Agregados para betão; EN 13 139 - Agregados para Argamassas; EN 13 043 - Agregados para misturas betuminosas;
 EN 13 242 - Agregados para misturas não ligadas e misturas ligadas hidráulicamente; EN 13 383 - Agregados para estruturas de protecção costeira
 EN 13 450 - Agregados para balastres

AF - Agregado Fino; AG - Agregado Grosso; AGE - Agregado de granulometria extensa; L - Lavado; ENRCC - Enrocamento; 3 - Base

Mota-Engil Engenharia e Construção, SA
 Pedreira de Vila Viçosa
 Herdade da Vigária
 Apartado 163
 7160 - VILA VIÇOSA
 Tel./fax: 263 408 089



Figura 1.2 – Exemplo da lista de produtos certificados da Mota Engil na pedreira de Vila Viçosa

Fonte: http://agregados.mota-engil.eu/Files/lpc/listaprodutoscertificados_vvicosa.pdf

Este centro de produção tem sido pioneiro na utilização do mármore como matéria-prima para o fabrico de agregados, contribuindo de forma reconhecida para a diminuição do volume das escomboreiras resultantes da produção de blocos. A capacidade de produção deste centro é superior a 300.00t/ano.

A lista seguinte descreve algumas das obras mais importantes que usaram os produtos do centro de produção de agregados de Vila Viçosa:

- Construção do 1º e 2º troço do canal Álamos / Loureiro
- Barragem do Loureiro (parcial)
- Diversos Caminhos Agrícolas no Alqueva
- Variante de S. Miguel Machede
- Variante à EN 255 em Borba e Vila Viçosa
- Circular Sul Reguengos de Monsaraz
- E.M. S.Vicente de Valongo (R. Monsaraz)
- Beneficiação da EN4 - Estremoz
- C.M. 133 - Mourão
- EM 514 - Beneficiação Reguengos Monsaraz e proximidade de Reguengos
- Aeródromo de Évora
- A6 – A.E. Marateca / Elvas – sublanços Borba / Estremoz
- Beneficiação da EN4 em Estremoz
- EM 517 - Mourão e EM 518- Mourão/Nova Aldeia da Luz
- Túnel Loureiro / Alvito
- Restabelecimento da rede viária EN 256 e 385

Outra empresa que se torna importante referenciar é a Lena Agregados S.A.. Esta empresa tem como missão comercializar agregados com níveis de qualidade e segurança que satisfaçam e superem as expectativas e exigências dos clientes, produzindo e vendendo agregados através de um conjunto de processos harmonizados que cumpram os requisitos aplicáveis ao sector da actividade e caracteriza-se pela forte aposta na área da investigação e desenvolvimento. Actualmente a Lena Agregados possui 13 centros de produção, de entre os quais se destaca o centro de Vila Viçosa de onde se utiliza o mármore como matéria-prima para agregados.

1.4 Objectivos e Estrutura da Tese

O objectivo principal desta tese foi o de proceder à caracterização dos enormes desperdícios de mármore da indústria extractiva do Alentejo, com o intuito de analisar a viabilidade de valorização deste tipo de material. Um dos dados que importava conhecer, refere-se à volumetria e tonelagem de material acumulado das inúmeras escombreyras da região. Por outro lado, tendo em consideração que a valorização mais usual destes desperdícios de mármore se destina à produção de agregados por britagem, e que essa valorização implica o conhecimento de características físico-mecânicas da rocha, optou-se por direccionar a análise deste estudo para a caracterização química da matéria-prima de modo a que pudesse apontar outro tipo de aplicações (por exemplo, produção de cal, cimento e aplicação agrícola).

A dissertação encontra-se dividida em seis capítulos e três anexos:

O Capítulo 1 é um capítulo introdutório onde se dá a conhecer, de um modo geral, o tema abordado ao longo da dissertação, os seus principais objectivos e a sua organização.

No Capítulo 2 são apresentados os enquadramentos geográfico, geológico e legal, assim como os instrumentos de ordenamento do território aplicáveis.

No Capítulo 3 entra-se na parte prática desta dissertação, onde se encontra descrita a explicação da metodologia, as fases de estudo e ensaios de caracterização química, análise estatística e o enquadramento das escombreyras nos instrumentos de ordenamento territorial.

O Capítulo 4 apresenta a síntese de todos os resultados obtidos ao longo deste estudo.

Finalmente, apresentam-se as principais conclusões no Capítulo 5.

Por último, no Capítulo 6 são apresentadas as referências bibliográficas.

Em Anexo listam-se os seguintes elementos: Anexo I – listagem de escombreyras inventariadas; Anexo II – resultados obtidos da análise do total das escombreyras; Anexo III – fichas de campo

2 ENQUADRAMENTO

2.1 Enquadramento Geográfico

A área de estudo pode ser definida geograficamente pelo chamado “Triângulo dos Mármore”, com vértices em Estremoz, Borba e Vila Viçosa, embora na realidade compreenda um território mais vasto abrangido pela elipse inscrita na Figura 2.1 e que corresponde à metade SW da estrutura geológica conhecida pelo Anticlinal de Estremoz.

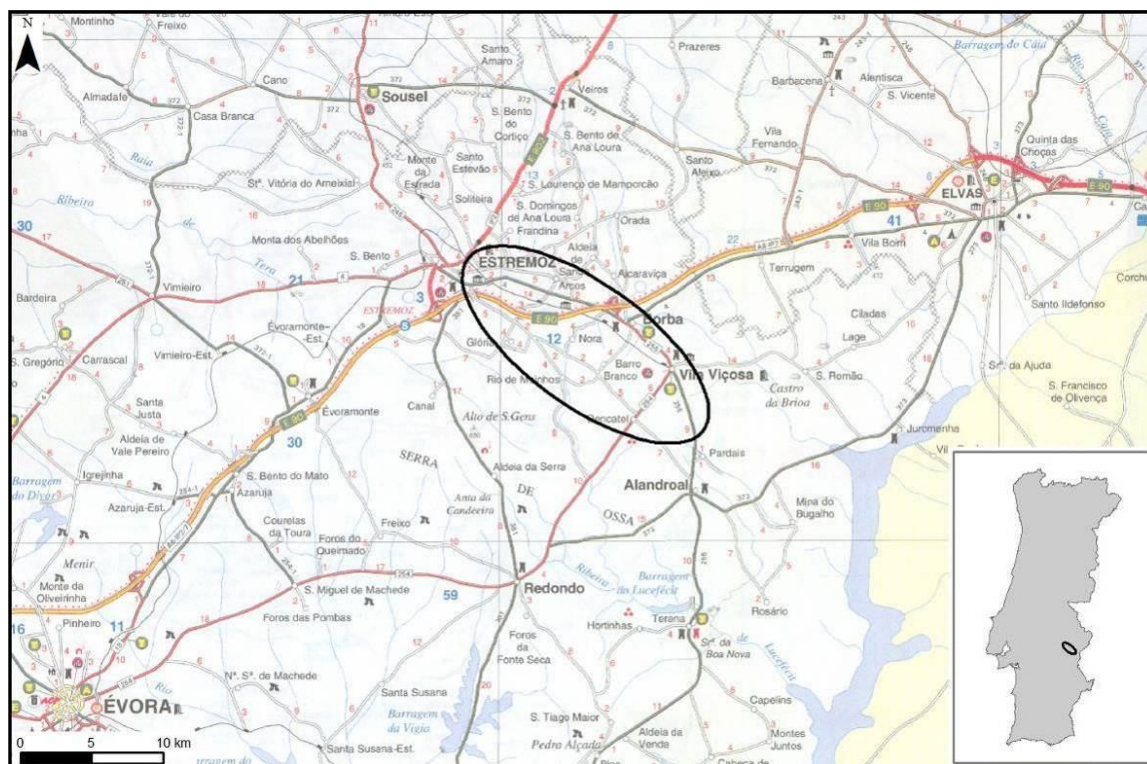


Figura 2.1 - Localização geográfica

Fonte: ACP

A área de estudo é atravessada pela A6/IP7 no sentido E-W que a liga à fronteira e a Évora a distâncias praticamente iguais (cerca de 40km) e a Lisboa e Setúbal, respectivamente a cerca de 180 e 150km.

2.2 Enquadramento Geológico

2.2.1 Geologia

A série carbonatada onde se integra esta jazida é afectada por uma estrutura em anticlinal orientada segundo a direcção NW-SE, conhecida por Anticlinal de Estremoz (Figura 2.2), que terá sido gerada por duas fases de dobramento durante o ciclo orogénico hercínico e que se desenvolve por cerca de 40km de extensão (desde o concelho de Sousel ao do Alandroal), e não mais de 7km de largura. Na indústria extractiva a área produtiva é designada por Zona dos Mármore e corresponde a aproximadamente metade da área do anticlinal.

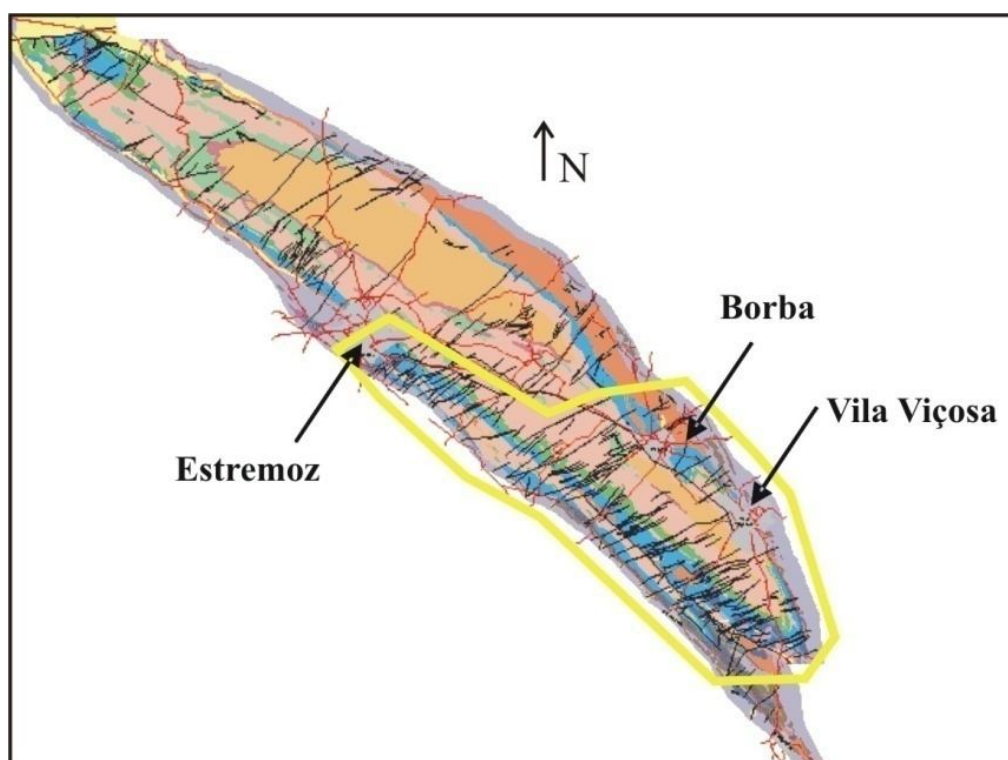


Figura 2.2 - O Anticlinal de Estremoz
(Adaptado de www.ineti.pt)

A sequência estratigráfica regional que engloba a série carbonatada inicia-se (Figura 2.3) pela Formação de Xistos de Mares (Proterozóico superior) constituída por xistos negros, chertes e grauvaques. Em discordância sobre esta formação encontra-se a Formação Dolomítica de Estremoz, do Câmbrio inferior, onde ocorrem rochas dolomíticas, vulcanitos ácidos e conglomerados basais. É no topo desta unidade dolomítica que se encontra um horizonte silicioso, que representa lacuna estratigráfica importante, e que separa a unidade inferior do chamado Complexo Vulcano-sedimentar de Estremoz, predominantemente carbonatado e que corresponde à unidade produtiva de mármore. Este Complexo é formado essencialmente por mármore e calcoxistos, nos quais se intercalam vulcanitos ácidos e básicos, e ainda por dolomitos secundários. A idade mais provável atribuída a este Complexo (PIÇARRA & LE MENN, 1993), é Ordovícico superior (Ashgill?).

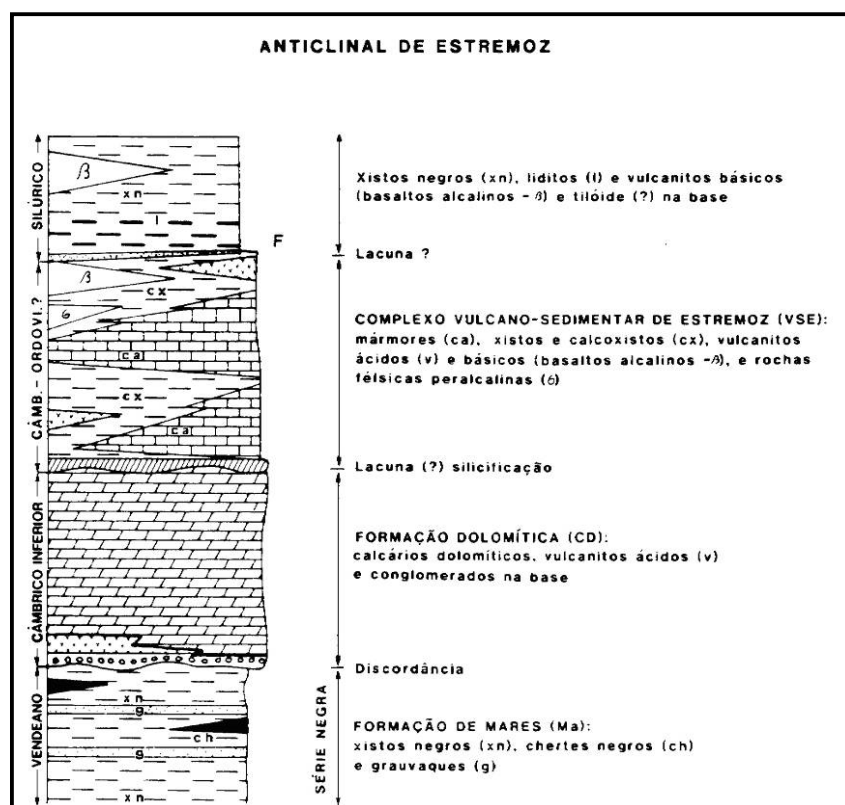


Figura 2.3 - Sequência estratigráfica do Anticlinal de Estremoz

Fonte: OLIVEIRA *et al.*, 1991

Trabalhos realizados pelo geólogo F. Gonçalves levaram à elaboração da Carta das Rochas Carbonatadas de Estremoz, na escala 1/25.000 (GONÇALVES, 1972), que foi o ponto de partida para todos os estudos que se seguiram. Posteriormente, PEREIRA (1981) divide a jazida em 6 zonas (Estremoz, Borba-Vila Viçosa, Poço Bravo Cabanas, Lagoa, Pardais e Salgadas) e 20 subzonas baseado em critérios de natureza espacial e diferentes características de granulometria, coloração e vergada. Tendo em conta especialmente o critério cromático, MOURA (1991) identificou 34 variedades de mármore, sendo 12 com predominância de branco, 12 com predominância de rosa, 8 com predominância de creme e 2 com predominância de cinzento, variedades que correspondem basicamente às que são descritas no Catálogo de Rochas Ornamentais (DGGM, 1983; 1984; 1985). Com base em critérios geoeconómicos, tais como a existência de núcleos de exploração, volume e qualidade de material extraído, é possível distinguir diferentes zonas de exploração (Figura 2.4) de acordo com o potencial de produção de rocha ornamental (COSTA, 1992): Santo António e Cruz de Meninos, na área de Estremoz; Ruivina, Mouro e Borba, junto da localidade com este nome; Vigária, Lagoa e Pardais, nas proximidades de Vila Viçosa. No que diz respeito ao estado de laboração das pedreiras, LAMBERTO (1997) define três sectores: Estremoz (Sto. António e Cruz de Meninos); Borba; Mouro-Pardais (Mouro-Vigária, Lagoa e Pardais).

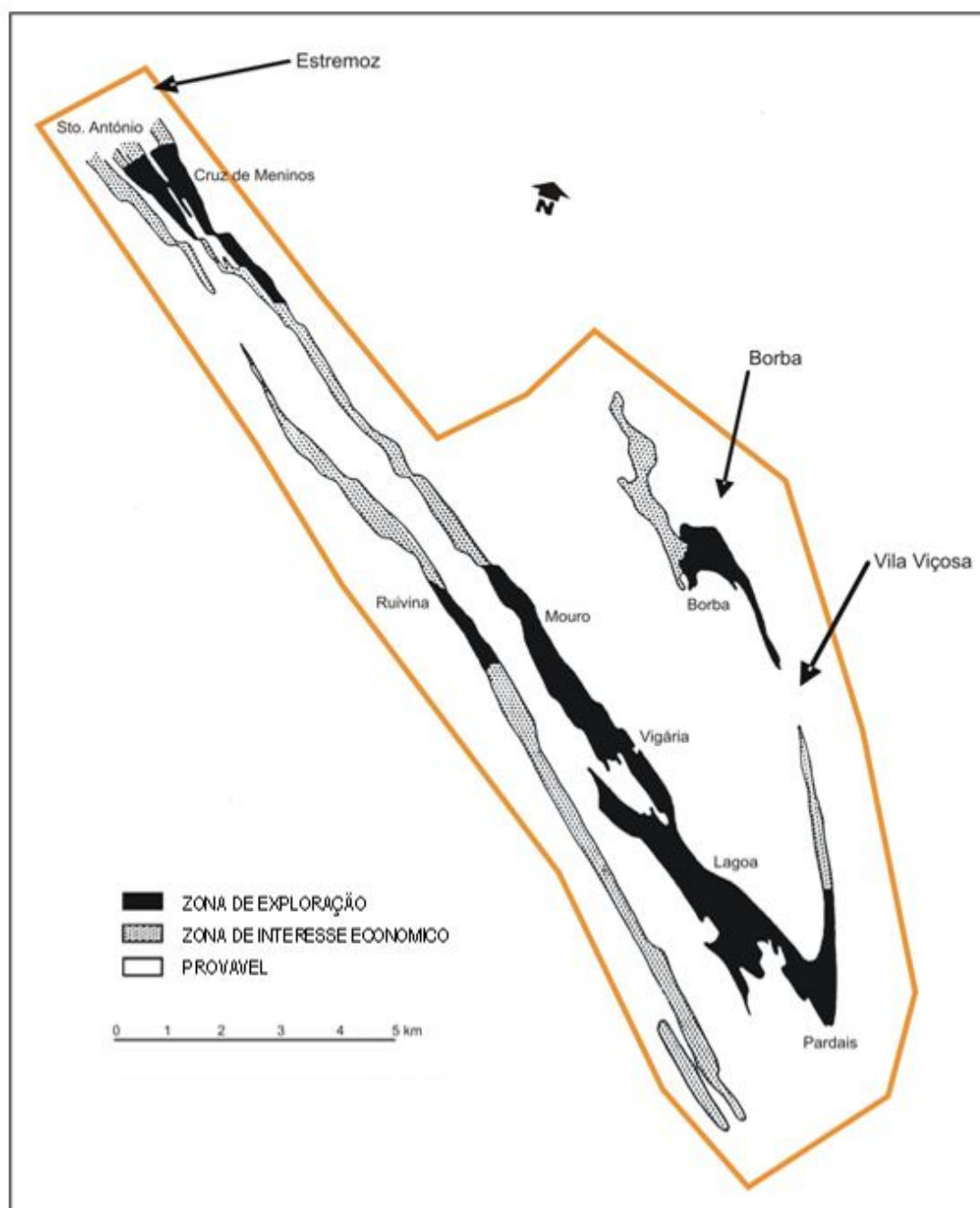


Figura 2.4 - Zonamento geoeconómico da Zona dos Mármore
(adaptado de COSTA, 1992)

A Zona dos Mármore constitui a mais importante região de exploração de rochas ornamentais do país (40% da produção nacional de calcários ornamentais), tanto no que se refere a número de pedreiras e a volume de matéria-prima extraída (99% dos mármore portugueses, 70% só na região de Vila Viçosa). A importância dos mármore desta região é confirmada pelo facto de, entre as rochas ornamentais portuguesas catalogadas, as 36 variedades de mármore (Figura 2.5) desta região corresponderem a quase 75% das variedades de calcários/mármore e a 25% do total de rochas ornamentais portuguesas.

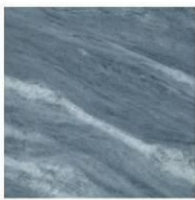

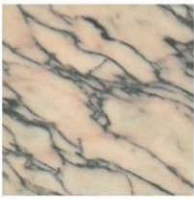


				
Ruivina Clara	Azul Guerra	Pele Tigre	Estremoz Rosa	Estremoz Rosa
				
Rosa Lagoa	Creme Vigária	Estremoz Creme	Creme Lagoa	Branco Pardais

Figura 2.5 - Algumas variedades de mármore da Zona dos Mármore e respectivas designações comerciais

Fonte: DGGM (1983-85)

Presentemente, existem menos de 100 pedreiras em laboração efectiva na designada Zona dos Mármore, embora recentemente, em 2001, houvessem 193 licenciadas. Em consequência, a exploração de rocha ornamental, ao longo dos muitos anos de actividade, tem produzido, e ainda produz, impactes significativos na região. Um dos maiores impactes ambientais resulta da acumulação de material, em particular na fase de extracção, em escombreyras. Estima-se que a percentagem de recuperação na extracção de pedra seja inferior a 20%, o que significa que, a estarem correctos os cálculos que apontam para uma produção cumulativa de aproximadamente 13,5 milhões de toneladas, um total superior a 50 milhões de toneladas tem sido acumulado nas numerosas escombreyras da região.

2.2.2 Caracterização Mineralógica e Petrográfica

MOURA (1991) publicou os resultados das determinações analíticas realizadas na DGGM à composição mineralógica e petrográfica dos mármore de Estremoz, Borba e Vila Viçosa em 36 amostras. Do ponto de vista macroscópico concluiu que a cor é a principal característica diferenciadora, variando entre as tonalidades esbranquiçada, rosada, creme e acinzentada. Outras características: a densidade de veios que confere a existência de “vergada”, a forma e tamanho dos cristais, a presença de manchas e venados, de geódes calcíticos e de cavidades de dissolução.

Do ponto de vista petrográfico verifica-se que a composição mineralógica dos mármore não apresenta variações notáveis, atestando a elevada homogeneidade de toda a jazida (Tabela 2.1).

Tabela 2.1- Composição mineralógica

Mineral	%	Observações
Calcite	90-100	27 em 36 das amostras continham > 99%
Dolomite	0-10	Detectada em 6 de 36 amostras
Quartzo	0-2	Detectado em 34 de 36 amostras
Moscovite ou Sericite	<1	Detectada em 14 de 36 amostras
Biotite	traços	Detectada em 2 de 36 amostras
Felspato	traços	Detectada em 2 de 36 amostras
Turmalina	traços	Detectada em 1 de 36 amostras
Minerais opacos	<1	Detectada em 3 de 36 amostras

2.2.3 Composição Química

MOURA (1991) publicou ainda os resultados das determinações analíticas realizadas na DGGM à composição química dos mármore de Estremoz, Borba e Vila Viçosa, concluindo que não existem variações notáveis, a julgar pelos resultados obtidos em 36 amostras analisadas, provenientes de toda a jazida (Tabela 2.2).

Tabela 2.2 - Composição química

Parâmetro	$X \pm \delta$ (%) n= 36 amostras	Max (%)	Min (%)
SiO ₂	1,54±1,01	4,67	0,12
Al ₂ O ₃	0,61±0,37	1,69	0,10
Fe ₂ O ₃	0,15±0,07	0,31	0,04
MnO	0,01±0,01	0,04	0,01
CaO	53,85±0,97	55,55	51,65
MgO	0,57±0,50	2,76	0,04
Na ₂ O	0,14±0,31	1,80	0,03
K ₂ O	0,18±0,14	0,82	0,04
TiO ₂	0,01±0,01	0,01	0,00
Perda ao rubro	42,90±0,58	43,49	41,32

2.2.4 Massas volúmicas, Porosidade e Absorção

Estudos realizados no LNEC sobre as propriedades físicas dos mármore (COSTA *et al.*,1991 e COSTA,1992), visando o aproveitamento dos desperdícios de mármore para uma extensa gama de aplicações, incidiram, não sobre amostras de mármore seleccionado para uso como rocha ornamental, mas sobre amostras colhidas em várias escomboreiras de mármore ao longo de toda a jazida, supostamente de menor qualidade. Foram determinadas, entre outras propriedades físicas, as massas volúmicas, porosidade e absorção, diferenciando, em alguns casos, as variedades cromáticas dentro do mesmo núcleo de extracção. Foram feitas 40 determinações segundo as normas RILEM (1980) sobre 9 variedades de mármore, tendo conduzido aos valores médios sintetizados no Tabela 2.3.

Tabela 2.3 – Massas volúmicas, porosidade e absorção

Concelho	Zona	Variedade	Massas volúmicas (Kg/m ³)			Porosidade (%)	Absorção (%)
			Real	Aparente	Saturada		
Estremoz	S. António	Branco	2 782	2 772	2 776	0,36	0,13
	Casqueira	Branco-anil	2 778	2 765	2 769	0,43	0,16
Borba	Encostinha	Creme	2 781	2 769	2 773	0,43	0,16
Vila Viçosa	El-Rei	Creme	2 774	2 764	2 767	0,40	0,15
		Rosa	2 773	2 765	2 768	0,32	0,12
		C/vergada	2 780	2 769	2 772	0,33	0,12
	Vigária	Branco	2 779	2 768	2 772	0,36	0,13
	Pardais	Cinzento	2 774	2 755	2 765	0,69	0,26
		Branco	2 771	2 758	2 763	0,50	0,19

Dos resultados obtidos verifica-se que:

- As massas volúmicas variam entre estreitos limites (com os mármore de Pardais a diferenciarem-se por apresentarem os valores mínimos), o que poderá ser considerado índice de homogeneidade mineralógica;
- As porosidades e absorções são baixas (sendo mais notórias para a variedade cinzenta de Pardais, com cerca do dobro da porosidade e absorção das de S. António, El-Rei e Vigária).

Note-se que os valores obtidos, apesar de bons, representam, ainda assim, condições menos favoráveis do que as que correspondem a materiais seleccionados para serem utilizados como rocha ornamental, uma vez que as amostras foram colhidas em escomboreiras, que constituem acumulações de materiais rejeitados, portanto, supostamente de menor qualidade.

2.2.5 Granulometrias

Segundo estudos efectuados por COSTA *et al.* (1991) e tendo por base os resultados de ensaios granulométricos realizados em três pedreiras, nomeadamente Cerca de Santo António (Estremoz), Encostinha (Borba) e Olival Grande (Vila Viçosa), a distribuição granulométrica dos materiais das escomboreiras é a apresentada no Tabela 2.4.

Admite-se que a evolução tecnológica operada nas últimas duas décadas e a selecção cada vez mais rigorosa da qualidade dos blocos tenha contribuído para aumentar a percentagem da classe de maior diâmetro equivalente ("Blocos grandes") acumulada nas escomboreiras mais recentes.

Tabela 2.4 - Composição granulométrica

Fracção pétrea*	Diâmetro equivalente (Φ) em m	(%)
Blocos grandes	$\Phi > 1$	< 40
Blocos pequenos	$0,5 < \Phi < 1$	33 a 55
Blocos muito pequenos	$0,1 < \Phi < 0,5$	25 a 35
Cascalho	$\Phi < 0,1$	< 18

* não foi considerada a fracção terrosa

2.3 Enquadramento Legal

2.3.1 Dos recursos geológicos (geral)

Do ponto de vista do seu enquadramento legal os recursos geológicos em Portugal podem ser classificados em (DGGM, 1990):

- Depósitos minerais – as ocorrências minerais existentes em território nacional e nos fundos marinhos da zona económica exclusiva que, pela sua raridade, alto valor específico ou importância na aplicação em processos industriais das substâncias nelas contidas, se apresentam de especial interesse para a economia nacional;
- Massas minerais – as rochas e ocorrências minerais não qualificadas legalmente como depósitos minerais;
- Recursos geotérmicos – os fluidos e formações geológicas do subsolo, de temperatura elevada, cujo calor seja susceptível de aproveitamento;
- Recursos hidrominerais – designadamente as águas minerais naturais (bacteriologicamente próprias, de circulação profunda, com particularidades físico-químicas estáveis na origem dentro da gama das flutuações naturais, de que resultam propriedades terapêuticas ou simples efeitos favoráveis para a saúde) e águas minero-industriais (naturais subterrâneas que permitem a extracção económica das substâncias naturais nelas contidas);
- Águas de nascente – as águas subterrâneas naturais que não se integrem no conceito de recursos hidrominerais, desde que na origem se conservem próprias para beber.

Em Portugal o regime jurídico geral da revelação e aproveitamento dos recursos geológicos está sujeito à disciplina imposta pelo Decreto-Lei n.º 90/90, de 16 de Março. Considerando a diversidade de características dos diferentes recursos geológicos, das técnicas do seu aproveitamento e das implicações decorrentes da sua exploração, particularmente nas situações de potencial conflito com outros utilizadores do solo e subsolo, optou-se por enquadramentos jurídicos específicos para cada tipo de recurso, tendo, na ocasião, sido produzido um pacote legislativo completo para o conjunto dos recursos geológicos.

Integram-se no domínio público do Estado os seguintes recursos geológicos:

- Depósitos minerais (minas) – Decreto-Lei n.º 88/90, de 16 de Março;
- Recursos hidrominerais (águas minerais naturais e minero-industriais) – Decreto-Lei n.º 85/90 e Decreto-Lei n.º 86/90, ambos de 16 de Março;
- Recursos geotérmicos – Decreto-Lei n.º 87/90, de 16 de Março.

Não se integram no domínio público do Estado, podendo ser objecto de propriedade privada, os seguintes recursos geológicos:

- Massas minerais (pedreiras) – Decreto-Lei n.º 89/90, de 16 de Março, entretanto revogado pelo Decreto-Lei n.º 270/2001, de 6 de Outubro, por sua vez alterado pelo Decreto-Lei n.º 340/2007 de 12 de Outubro.
- Águas de nascente – Decreto-Lei n.º 84/90, de 16 de Março.

Ficaram fora deste enquadramento legal, sendo regulado por diplomas específicos, as actividades de:

- prospecção, pesquisa, desenvolvimento e exploração de petróleo;
- extracção de areias para inertes nas zonas de escoamento e expansão das águas superficiais e nas zonas do domínio público marítimo.

Esta última foi regulada pelo Decreto-Lei n.º 403/82, de 24 de Setembro, com as alterações estabelecidas no Decreto-Lei n.º 164/84, de 21 de Maio. Esta actividade está também sujeita ao cumprimento do disposto na Secção VI, extracção de inertes, do Decreto-Lei n.º 46/94, de 22 de Fevereiro, que estabelece o regime de licenciamento da utilização do domínio hídrico, sob jurisdição do Instituto da Água, entretanto revogado pelo Decreto-Lei n.º 226-A/2007, de 31 de Maio, por sua vez alterado pelo Decreto-Lei n.º 245/2009 de 22 de Setembro.

Aos recursos geológicos em análise interessam essencialmente as definições de **massas minerais**.

A exploração de massas minerais, que não se integram no domínio público do Estado, são objecto de licença de estabelecimento. Esta é concedida, respectivamente, pela Direcção Regional de Economia ou pela Câmara Municipal, consoante se trate de exploração subterrânea e se excedam, ou não, os seguintes limites para as explorações a céu aberto: 15 trabalhadores; 500 cv de potência; 10m de profundidade de escavação.

2.3.2 Da exploração dos mármore

A exploração dos mármore encontra-se delimitada geograficamente pela “Área Cativa de Estremoz – Borba – Vila Viçosa”, definida pela Portaria n.º 441/90, de 15 de Junho, com cerca de 15.000 hectares. Na Figura 2.6 apresentam-se os limites da área cativa, cujos vértices são definidos por dezoito marcos geodésicos.

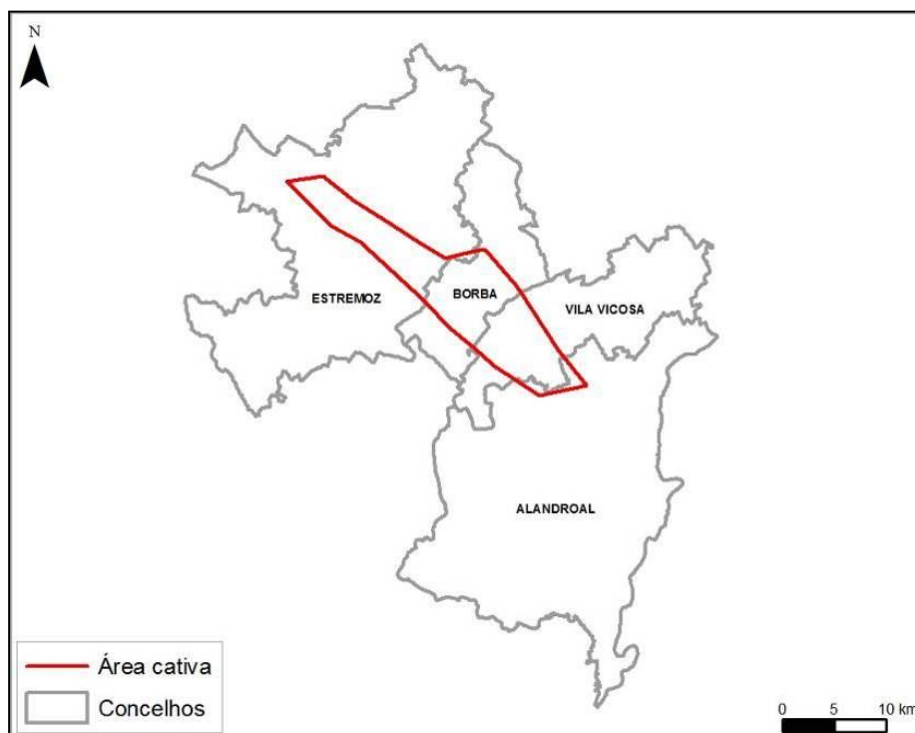


Figura 2.6 - Limites da área cativa de Estremoz, Borba e Vila Viçosa

Fonte: PROZOM

Esta área constitui uma zona com características excepcionais de exploração mineral, cuja definição resultou da localização deste recurso primordial e da expressão que adquire no contexto económico da região e do país.

Segundo a referida Portaria, a exploração de mármore na região estabelecida terá de obedecer a condicionalismos vários, procurando-se assim conferir uma boa gestão e aproveitamento deste importante recurso nacional. Estes condicionalismos de ordem técnica, estabelecem critérios no que se refere às entidades exploradoras e características das explorações, nomeadamente através da selecção de empresas exploradoras com reconhecida capacidade técnica e financeira, de um adequado dimensionamento das explorações, da obrigatoriedade de uma competente direcção técnica, da inibição do uso de métodos inadequados de exploração que deteriorem os recursos, etc.

2.4 Instrumentos de Ordenamento do Território Aplicáveis

A actividade extractiva encontra-se regulada pelos instrumentos de ordenamento do território aplicáveis, nomeadamente pelo Plano Regional de Ordenamento da Zona dos Mármore (PROZOM) e pelos Planos Directores Municipais (PDM) de Estremoz, Borba e Vila Viçosa.

2.4.1 Plano Regional de Ordenamento da Zona dos Mármore (PROZOM)

A Resolução do Conselho de Ministros n.º 86/94, de 21 de Setembro, determinou a elaboração do Plano Regional de Ordenamento do Território da Zona dos Mármore, tendo sido o respectivo prazo de elaboração prorrogado pela Resolução de Conselho de Ministros n.º 10/96, de 24 de Janeiro. De acordo com a Resolução n.º 86/94, constituem objectivos do PROZOM:

- a) Garantir a exploração racional do mármore;
- b) Proteger e valorizar outros recursos naturais, com especial relevância para os recursos hídricos, solo agrícola e estruturas ecológicas;
- c) Reorganizar as redes internas de infra-estruturas e acessibilidade e respectiva articulação;
- d) Garantir o adequado aproveitamento de desperdícios e subprodutos resultantes da exploração;
- e) Fomentar a recuperação progressiva da zona afectada;
- f) Definir usos e actividades alternativas mediante um adequado zonamento e estabelecimento de normas de utilização do espaço, em articulação com as propostas municipais de ordenamento do território, conjugando a importância da actividade extractiva com as demais actividades económicas e a valorização ambiental da zona;
- g) Impedir a continuação da degradação ambiental dentro da área cativa.

A elaboração do PROZOM iniciou-se com o Decreto-Lei n.º 176-A/88, de 18 de Maio, com as alterações introduzidas pelos Decreto-Lei n.º 367/90, de 26 de Novembro, Decreto-Lei n.º 249/94, de 12 de Outubro, Decreto-Lei n.º 390/95, de 20 de Novembro, tendo sido o seu conteúdo posteriormente adaptado ao Decreto-Lei n.º 380/99 de 22 de Setembro.

O PROZOM propõe um conjunto de Unidades de Ordenamento (UNOR) da Zona dos Mármore, definidas como *“área que, pela sua complementaridade em matéria de exploração do recurso mármore, requer uma abordagem integrada e de conjunto, nomeadamente através de um estudo global com vista a estabelecer o respectivo ordenamento, identificar as áreas a sujeitar a um planeamento mais detalhado (Plano de Pormenor) e a estabelecer princípios e regras para esse nível de planeamento.”*

Estas Unidades de Ordenamento, constituem zonas diversificadas e complementares no que diz respeito ao uso, funções e actividades, e que deverão ser objecto de um ordenamento específico. Apresentam diferentes graus de sensibilidade ambiental, ligadas, por um lado, à presença ou proximidade de importantes valores ecológicos e arqueológicos, e por outro, à sua proximidade

relativamente a zonas muito frequentadas (aglomerados populacionais ou vias de comunicação importantes).

No âmbito do PROZOM foram definidas cinco unidades de ordenamento, são elas: UNOR 1 (Estremoz); UNOR 2 (Borba/Barro Branco/Ruivina); UNOR 3 (Vigária); UNOR 4 (Lagoa); UNOR 5 (Pardais), cujas características se apresenta no Tabela 2.5 e localização na Figura 2.7.

Tabela 2.5 – Características gerais das UNOR

Fonte: PROZOM (2001)

CARACTERÍSTICAS	UNOR 1	UNOR 2	UNOR 3	UNOR 4	UNOR 5	TOTAL
Concelho	Estremoz	Borba	V. Viçosa	V. Viçosa	V. Viçosa	-
Área (ha)	494	976	310	1 232	413	3 425
AE (ha)	397	676	220	535	229	2 057
ADC (ha)	53	108	92	287	160	700
Pedreiras licenciadas (DRE-ALENTEJO, 1998)	24	39	28	77	25	193
Produção de blocos/ano (m ³)	21 000	33 200	45 300	72 400	50 800	222 700
Produção de escombros/ano (m ³)	140 000	221 400	302 300	482 700	338 700	1 485 100

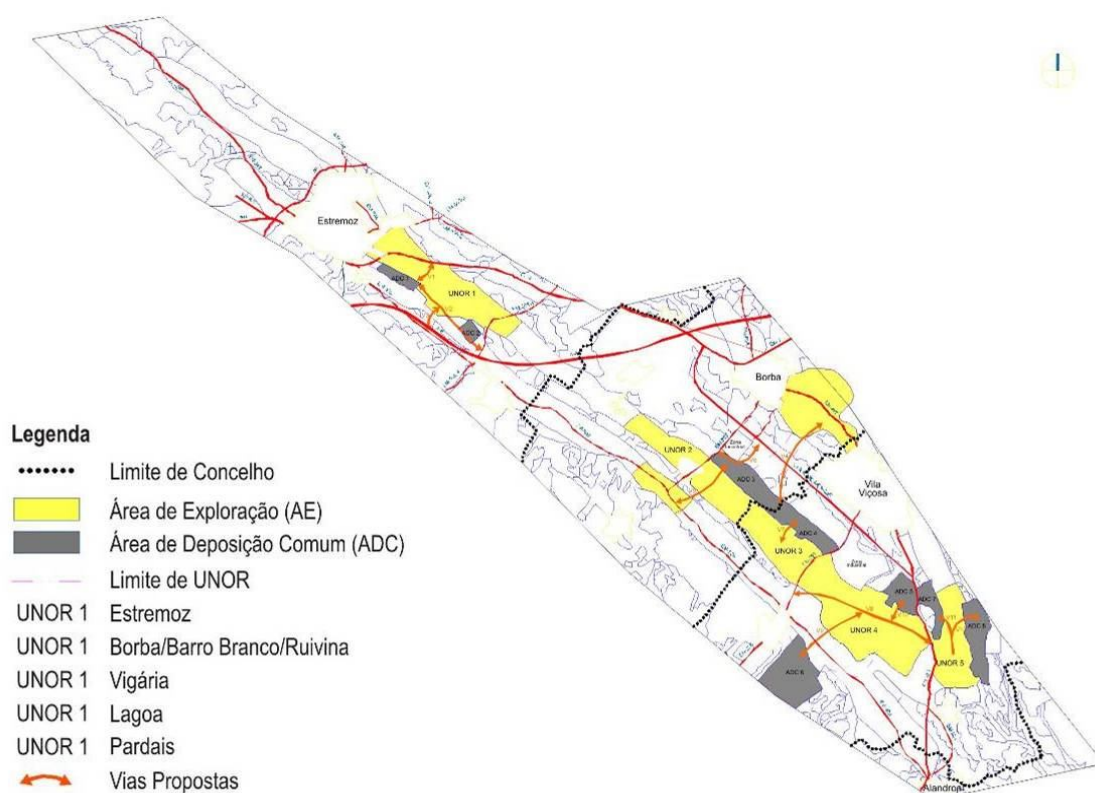


Figura 2.7 - Localização das UNOR

Fonte: PROZOM (2001)

As UNOR regem-se pelos seguintes princípios gerais:

- *A concretização dos princípios e regras do PROZOM na área abrangida pelas UNOR é efectuada através de Planos de Pormenor;*
- *A alteração com aumento da área coberta e a ampliação das unidades industriais existentes é proibida até à entrada em vigor dos planos de pormenor previstos na alínea a);*
- *Os planos de pormenor das zonas industriais existentes mantêm-se em vigor.”*

2.4.2 Planos Directores Municipais (PDM)

2.4.2.1 PDM de Estremoz

A Câmara Municipal de Estremoz iniciou formalmente no dia 3 de Abril de 2007 a revisão do PDM de Estremoz aprovado em 30 de Junho de 1995 pela Assembleia Municipal de Estremoz.

De acordo com o artigo 77º do Capítulo XI – Espaços para a indústria extractiva dos mármore do Regulamento do PDM “A área reservada para a indústria extractiva dos mármore é uma área non aedificandi e encontra-se delimitada na planta de ordenamento, incluindo as seguintes subcategorias:

a) áreas de elevado interesse/utilização; b) áreas de provável interesse/utilização; c) áreas de possível interesse/utilização.”

2.4.2.2 PDM de Borba

Aprovado em Assembleia Municipal de Borba no dia 19 de Maio de 2006. De acordo com o “artigo 20º - Espaços de Indústria Extractiva” do Regulamento do PDM:

“1 - Todas as explorações de mármore observarão a legislação em vigor e as especificações constantes em futuro plano de pormenor para UNOR 2, nomeadamente em termos de licenciamento, medidas de protecção ambiental, enquadramento paisagístico, deposição de escombros e resíduos e obrigatoriedade de recuperação paisagística em caso de suspensão ou encerramento da exploração.

2 - Não são autorizadas novas pedreiras numa faixa de 100 metros em torno dos perímetros urbanos.

3 - Nos núcleos de exploração representados na planta de ordenamento não são permitidos outros usos além dos actuais até à futura conversão para actividades extractivas.

4 - Nas áreas de potencial aproveitamento para a industria extractiva, representadas na planta de ordenamento, podem manter-se os usos actuais e são autorizados novos usos conforme a aptidão actual do solo, desde que não comprometam a futura conversão destas áreas para a industria extractiva.

5 - Na vizinhança de nascentes devem ser observados os afastamentos mínimos estabelecidos na legislação aplicável”

2.4.2.3 PDM de Vila Viçosa

De acordo com a Resolução do Conselho de Ministros nº 193/2008 “*Sob proposta da Câmara Municipal, a Assembleia Municipal de Vila Viçosa aprovou, por deliberação de 28 de Abril de 2008, a revisão do respectivo Plano Director Municipal (PDM), ratificado pela Resolução do Conselho de Ministros n.º 153/95, de 25 de Novembro, e pela Resolução do Conselho de Ministros n.º 90/97, de 11 de Junho.*”

A necessidade de revisão do PDM ocorreu “*Após a Comissão de Coordenação da Região do Alentejo ter suscitado a necessidade de ratificação, através de parecer devidamente fundamentado relativo à existência de incompatibilidade com o Plano Regional de Ordenamento do Território da Zona dos Mármore (PROZOM), aprovado pela Resolução do Conselho de Ministros n.º 93/2002, de 8 de Maio, a Câmara Municipal de Vila Viçosa solicitou tal ratificação ao Governo, conforme dispõe o n.º 2 do artigo 80.º do Decreto-Lei n.º 380/99, de 22 de Setembro, com a redacção que lhe foi dada pelo Decreto-Lei n.º 316/2007, de 19 de Setembro.*”

“*As alterações introduzidas resultam, de um modo geral, do reajustamento dos perímetros urbanos com interferência no esquema do modelo territorial do PROZOM, sistema agrícola, silvo-pastoril, florestal, urbano e da fileira dos mármore, tendo exigido uma reponderação das opções e uma concertação com todos os sectores representados na comissão mista de coordenação.*”

3 DESCRIÇÃO DOS TRABALHOS REALIZADOS

3.1 Abordagem Metodológica

Perante a imensidão de pedreiras nesta região e consequentes escombreyras, não existe uma metodologia específica a seguir num estudo como este, pelo que, decidiu-se optar por uma abordagem que fosse simples e expedita mas ao mesmo tempo que devolvesse resultados minimamente precisos e coerentes. Para tal, a abordagem mais eficiente passou por uma abordagem faseada, na qual se dividiu o trabalho em duas fases.

A primeira fase: (Seleção dos locais de amostragem), é uma fase preliminar que na prática se divide em duas etapas; numa primeira etapa o objectivo foi avaliar à distância (através de trabalhos de gabinete) o tamanho da área de estudo e identificar a quantidade de escombreyras que teríamos de trabalhar. Esta etapa resultou na determinação de 178 escombreyras, e a partir desta lista era necessário efectuar alguns cálculos para hierarquizar estas escombreyras (segundo os seus volumes), no entanto, devido à falta de alguns dados importantes (que serão explicados em pormenor no capítulo seguinte) foi necessária a realização de trabalhos de campo para a medição desses dados, que foram efectuados numa amostra da população e depois alargados a todas as escombreyras. Após estes cálculos conseguiu-se hierarquizar as 178 escombreyras, das quais se escolheram 38 para integrarem a segunda fase (Programa de Amostragem). Esta fase terminou com a amostragem de 30 escombreyras que seguiram posteriormente para a fase 3: Ensaio de Caracterização Química.

É importante referir que das 38 escombreyras escolhidas para o programa de amostragem havia sempre a possibilidade de voltar à listagem dos resultados (178 escombreyras já hierarquizadas) e, se fosse necessário, escolher outra escombreyra para integrar a listagem para amostragem, funcionando sempre em sistema aberto.

Na Figura 3.1 pode-se observar um esquema de toda a metodologia explicada anteriormente.

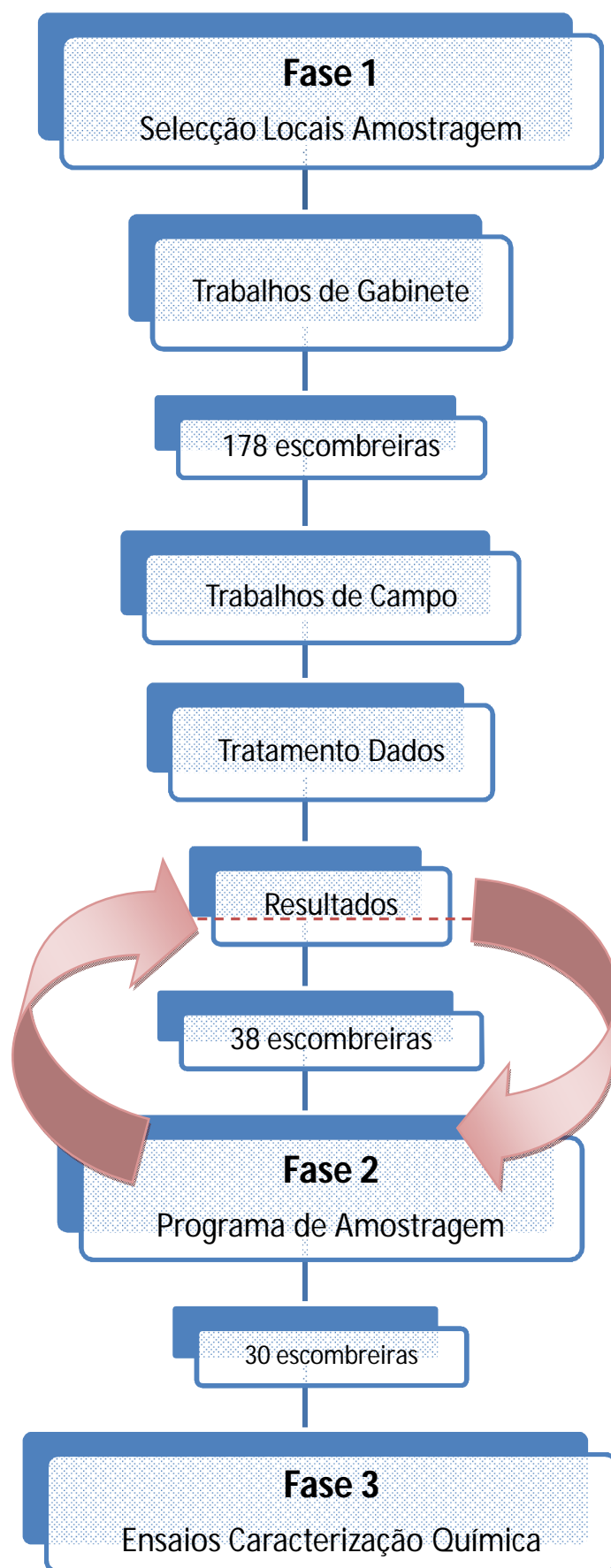


Figura 3.1 – Esquema ilustrativo de toda a sequência metodológica

3.2 Fase 1 - Selecção dos Locais de Amostragem

3.2.1 Trabalhos de Gabinete

Com o objectivo de inventariar o maior número possível de escombreyras foi efectuada, numa primeira análise, a observação de imagens de satélite, através do *software Google Earth*, onde foi possível identificar, na região em estudo, um total de 178 escombreyras (Figura 3.2).

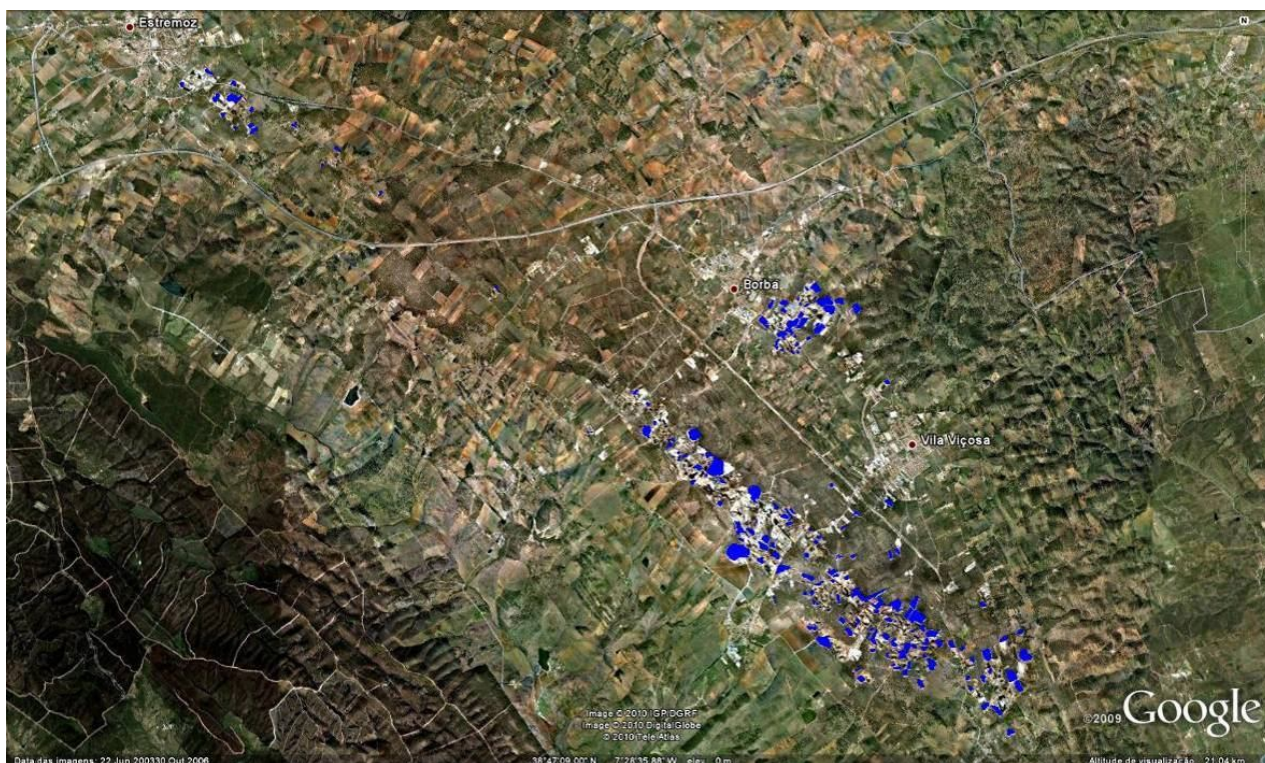


Figura 3.2 - Localização de escombreyras na imagem de satélite

Após a delimitação das escombreyras no *Google Earth*, esta informação foi integrada no *software* de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) *ArcGIS 9.3* da ESRI. Na Figura 3.3 apresenta-se a localização das escombreyras sobre a Carta Militar de Portugal. No **Erro! A origem da referência não foi encontrada.** apresenta-se a listagem das escombreyras inventariadas com indicação da área e das coordenadas do centro do respectivo polígono de implantação.

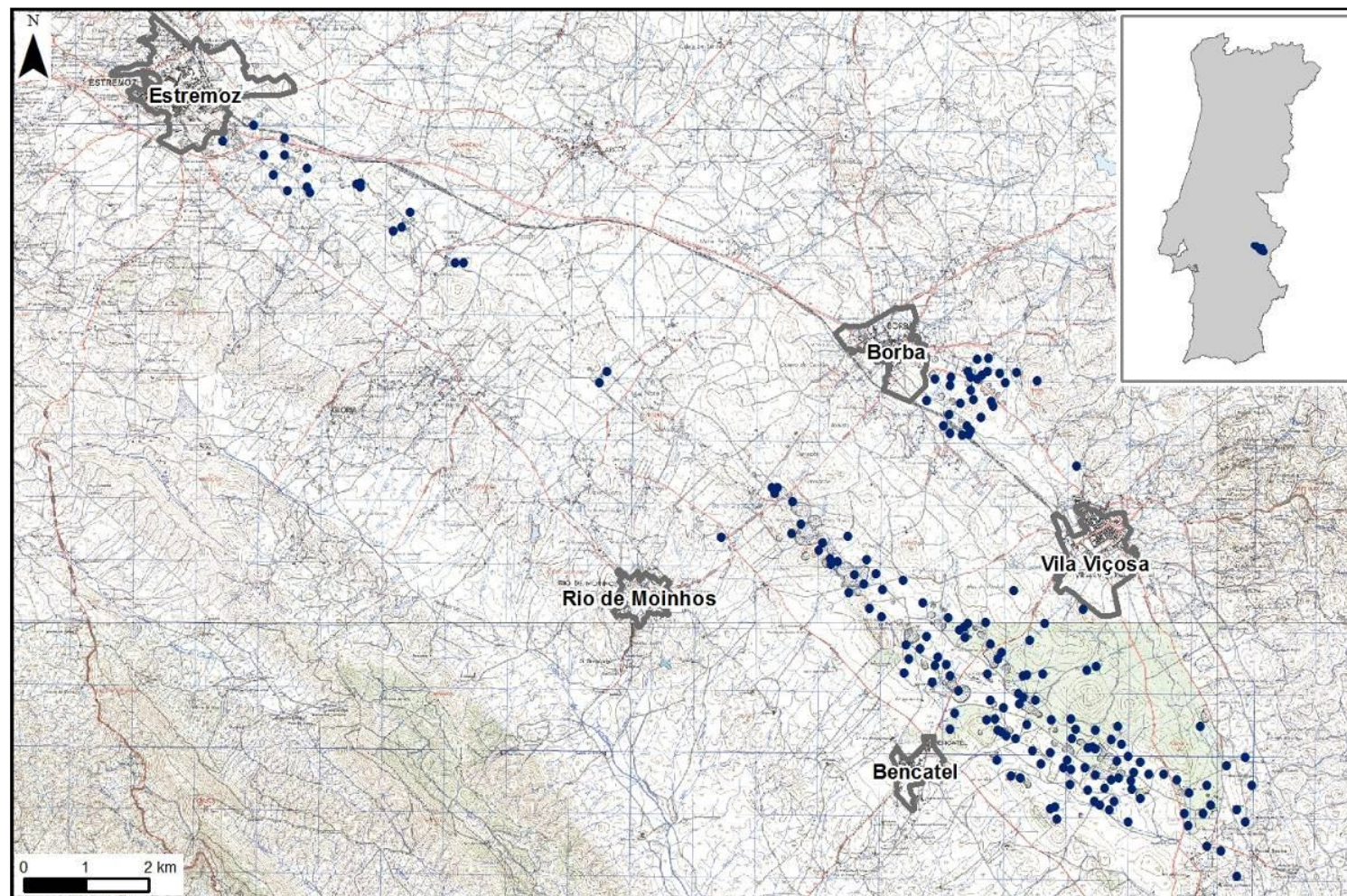


Figura 3.3 – Localização de escombreyras na carta militar
(Carta Militar de Portugal à escala 1:25 000, folhas 425, 426, 427, 439, 440 e 441)

Em seguida, foram efectuados os cálculos das áreas correspondentes aos polígonos que definem cada escombreira. É de notar que as imagens de satélite utilizadas datam de 2004/05, pelo que o cálculo destas áreas terá tendência a subestimar a actual dimensão das escomboreiras, uma vez que não integra o material entretanto acumulado.

De forma a simplificar o cálculo do volume de cada escombreira considerou-se a figura geométrica de um tronco de cone circular recto (Figura 3.4), como sendo a figura geométrica que mais se poderá assemelhar à geometria de uma escombreira.

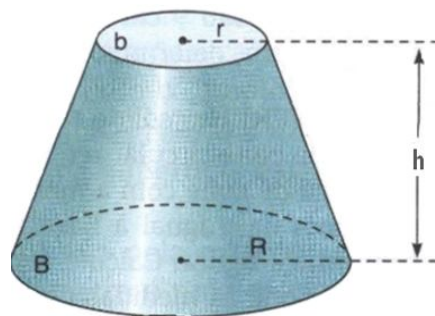


Figura 3.4 – Representação de um tronco de cone circular recto

Para tal foi necessário determinar o círculo de área equivalente correspondente ao polígono da área da base maior de cada uma das escomboreiras (Figura 3.5).

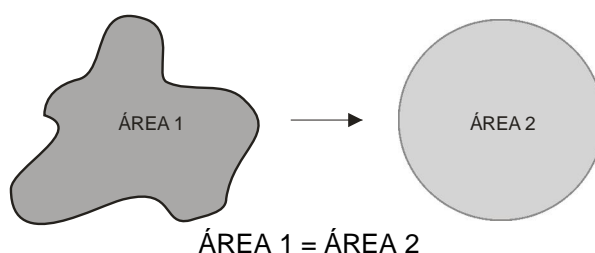


Figura 3.5 – Cálculo da área equivalente

Os parâmetros a determinar para o cálculo do respectivo volume desta figura geométrica correspondem, de acordo com a equação (eq.1), ao raio R da base maior (B), ao raio r da base menor (b) e à altura do tronco (h).

$$V = \frac{h\pi}{3}(R^2 + Rr + r^2) \quad (\text{eq.1})$$

Onde,

V – Volume de sólido

R – Raios da base maior

r – Raio da base menor

h – Altura do tronco

Destes parâmetros, só o raio da base maior R é possível determinar automaticamente a partir da área do círculo equivalente à área ocupada pela escombreyra. A determinação da altura do tronco (h) não é possível efectuar sem observação e medição no campo.

Deste modo, foi considerada a possibilidade de fixar uma relação constante entre a área de base de uma escombreyra e a respectiva altura, e aplicar esta relação às 178 escombreyras de forma a calcular os respectivos volumes, evitando assim a necessidade de proceder a uma análise individual das suas características geométricas no campo.

Finalmente, para determinação do raio da base menor do tronco (r), correspondente ao topo da escombreyra, foi considerada uma inclinação média para os taludes das escombreyras (β). O seu cálculo pode ser efectuado através da seguinte equação:

$$r = R - \frac{h}{\tan \beta} \quad (\text{eq.2})$$

Onde:

β – Inclinação média dos taludes

R – Raio da base maior (B)

r – Raio da base menor (b)

h – Altura do tronco

De forma a obter estes parâmetros, foi realizada uma campanha de campo com o objectivo de medir a altura de um conjunto representativo de escombreyras (correspondente a cerca de 15% do total) que permitisse aferir a relação entre a área de base de uma escombreyra e a respectiva altura permitindo assim o cálculo da inclinação média dos taludes e, desta forma, aplicá-la a toda a população.

3.2.2 Trabalhos de Campo

Numa primeira observação de campo, foi validada a posição geográfica das escombreyras identificadas em gabinete através de análise de imagens de satélite. Foram também efectuadas as medições de alturas das escombreyras seleccionadas e medidas as inclinações dos taludes. Na Figura 3.6 ilustra-se o aspecto de algumas das escombreyras observadas.



Figura 3.6 – Aspecto de algumas escomboreiras na Zona dos Mármorees

3.2.2.1 Medição das alturas das escomboreiras

A altura das escomboreiras foi medida através da utilização de um hipsómetro Blume-Leiss (Figura 3.7). Este instrumento utiliza um pêndulo que se estabiliza pela gravidade e baseia-se em princípios trigonométricos que requerem duas leituras, uma visando a base da escomboreira e outra o seu topo, ambas a uma distância horizontal fixa. Este instrumento foi escolhido principalmente devido à sua fácil utilização e à sua precisão, que é apontada em cerca de 2,5% (<http://fennerschool-associated.anu.edu.au/mensuration/BrackandWood1998/HGTCOMP.HTM>).

O hipsómetro Blume-Leiss possui uma janela onde são apresentadas quatro escalas visíveis ao mesmo tempo, correspondentes às distâncias de 15, 20, 30 e 30 metros, entre o observador e a escomboreira. Na parte inferior dessa janela pode-se observar ainda uma quinta escala que está graduada em graus e que é utilizada para determinar a declividade do terreno. Para efectuar as medidas de altura, deve-se libertar primeiramente o pêndulo visando a base da escomboreira, quando o pêndulo deixar de oscilar, o mesmo é travado nesse ponto, produzindo assim a primeira leitura. De forma similar, apontando para o topo da escomboreira ou ponto de medida de altura, obtém-se a segunda leitura.

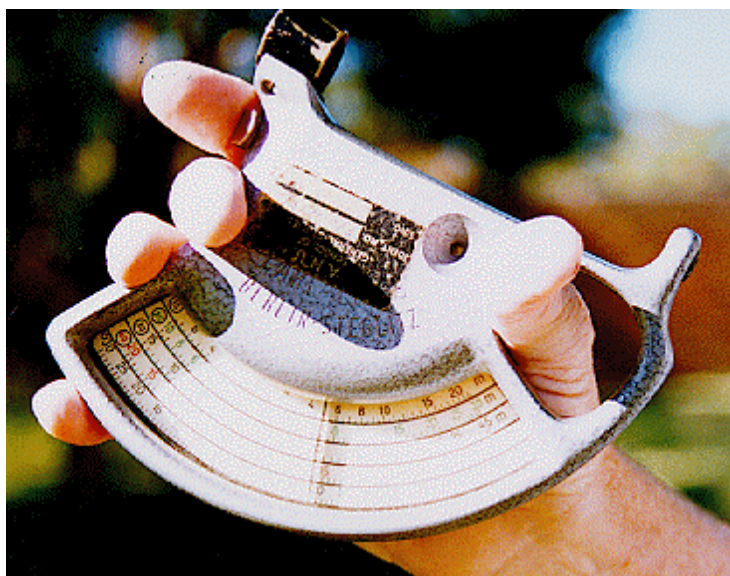


Figura 3.7 – Hipsómetro Blume-Leiss.

(Fonte: <http://fennerschool-associated.anu.edu.au/mensuration/blume.htm>)

Considerando um triângulo rectângulo, se D é a distância do observador ao centro da escombreira e H a altura da escombreira, tem-se que:

$$\tan \alpha = \frac{H}{D} \quad (\text{eq.3})$$

Logo,

$$H = \tan \alpha * D \quad (\text{eq.4})$$

Para o caso em estudo, apenas foi possível medir os correspondentes ângulos α , visto que não era possível medir a distância D em campo. Para se obter esta variável foi necessário recorrer ao *software* de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) *ArcGIS* 9.3 da ESRI, onde se calculou a distância entre o observador, cuja posição geográfica foi marcada (por GPS) no momento da medição dos ângulos, e o ponto central de cada escombreira. Foi também deste modo que se mediu a distância d' , que é a distância entre o observador e o limite da escombreira.

3.2.2.2 Cálculo da altura das escomboreiras

Com os dados obtidos nestes primeiros trabalhos de campo surgiram dois cenários possíveis: considerar a altura das escomboreiras até ao limite superior, ou por outro lado seguir por um cenário mais conservativo e condicionar superiormente as escomboreiras de acordo com a distância d' . O desenvolvimento destes dois cenários pode ser observados na Figura 3.8.

Pela análise detalhada destes dois cenários, optou-se escolher o cenário mais conservativo, ou seja, o cenário 2. Desta escolha resulta então que a relação entre a área de base de uma escombreira e a respectiva altura (h/R) é definida pela eq.5 com x igual a 0,33 e foi esta relação que foi aplicada ao resto da população que não foi possível estudar em campo.

$$h = xR \quad (\text{eq.5})$$

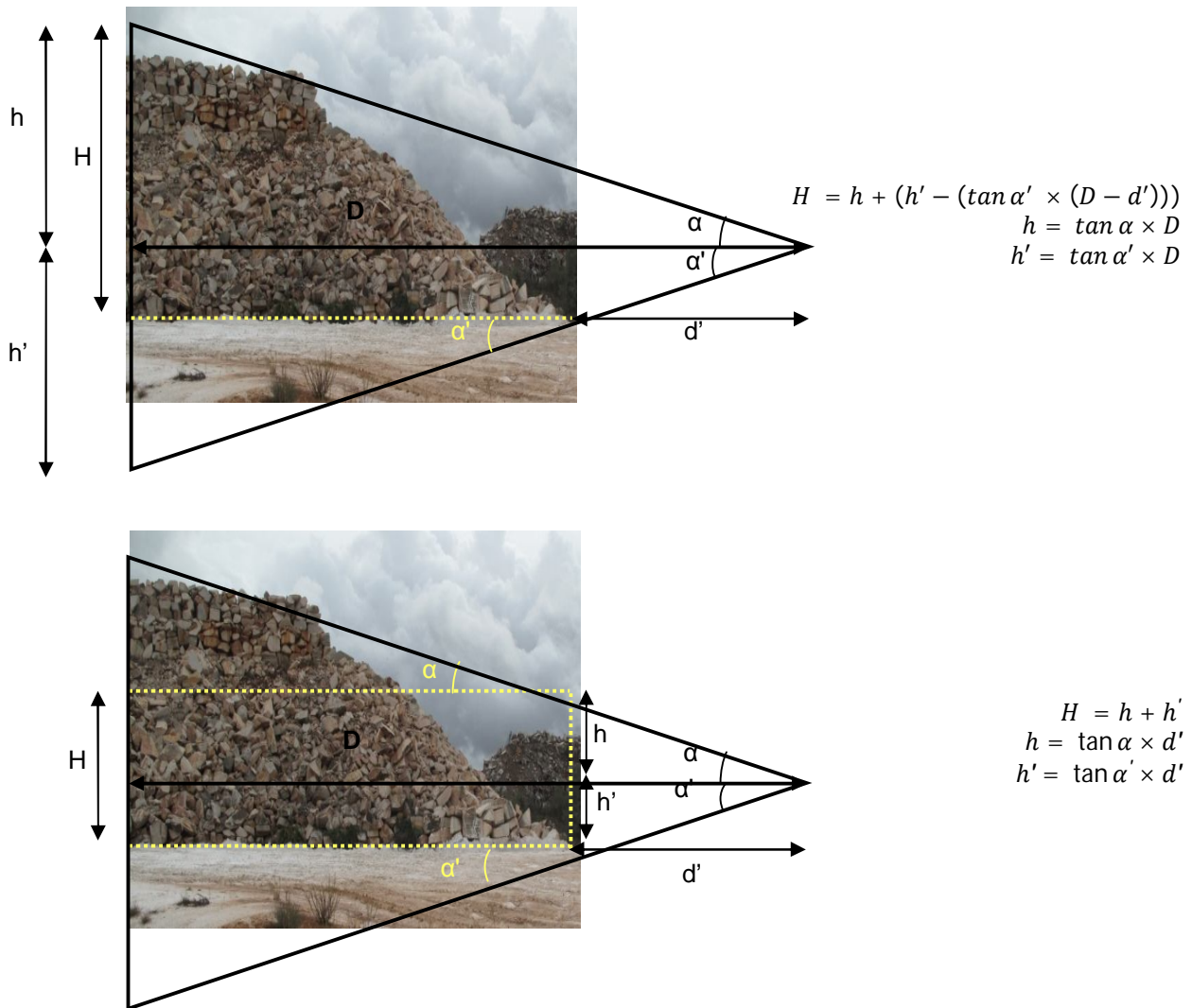


Figura 3.8 – Representação dos dois cenários analisados

Pelas observações de campo, verificou-se igualmente que os taludes das escomboreiras apresentam inclinações médias que variam entre os 35 e 45°. Estes valores são compatíveis com o valor “x” determinado pela (eq.5) quando se considera um topo aplanado horizontal na escomboreira (correspondente à base menor do cone truncado).

3.2.3 Tratamento dos Dados

Após o cálculo do volume total (V_T) de cada escomboreira, tornou-se necessário corrigir os valores obtidos, uma vez que estes não correspondem aos volumes reais de matéria-prima existente. Foram considerados nesta correcção a existência de espaços vazios entre a fase sólida (rocha e solo) bem como todo o material não correspondente a matéria-prima (terras e outras litologias, por exemplo). No primeiro caso importa definir o volume de sólidos (V_S) e, no segundo caso, o volume (V_{MP}) e quantidade de matéria-prima disponível (Q_{MP}).

Determinação do volume de sólidos (V_S)

A primeira correcção efectuada sobre o cálculo dos volumes totais (V_T) das escomboreiras, relacionou-se com o aumento de volume que o material sofre devido ao seu estado “solto” criado pela extracção de blocos da pedreira e sua acumulação em escomboreira. A medida desse aumento de volume denomina-se coeficiente de empolamento e para este estudo adoptou-se uma percentagem de 35% (COSTA, 1992). Portanto, o volume de sólidos (V_S) é dado por:

$$V_S = \frac{V_T}{1,35} \quad (\text{eq.6})$$

Onde,

V_S – Volume de sólidos

V_T – Volume total

Determinação do volume (V_{MP}) e quantidade de matéria-prima disponível (Q_{MP})

Determinado o volume de sólidos em cada escomboreira, é forçoso considerar que parte deste volume não corresponde a matéria-prima (mármore), mas sim a terras utilizadas no depósito da escomboreira e a blocos de outras litologias que tenham sido extraídos da pedreira (dolomitos, filões, etc.) e que não interessam explorar mas que ocupam volume. Para efeito de cálculo do volume de matéria-prima disponível (V_{MP}) admite-se que cerca de 20% do volume de sólidos da escomboreira seja de rejeitar. Logo, V_{MP} é dado por:

$$V_{MP} = \frac{V_S}{1,20} \quad (\text{eq.7})$$

Onde,

V_S – Volume de sólidos

V_{MP} – Volume de matéria-prima disponível

Admitindo uma densidade mínima de 2,7 para os mármorees do Anticlinal de Estremoz (DGGM/IGM, 1983-2000), a quantidade de material disponível para exploração, em cada escomboreira, é dado por:

$$Q_{MP} = V_{MP} \times 2,7 \quad (\text{eq.8})$$

Onde,

Q_{MP} – Quantidade de material disponível para exploração

V_{MP} – Volume de matéria-prima disponível

Tempo de vida da escombreyra

A quantidade de matéria-prima disponível (Q_{MP}) permite estimar o tempo de vida (TV) de exploração de cada escombreyra em função de valores de tonelagem extraída. Por exemplo, tendo em consideração uma utilização de 300 toneladas de material por dia (valores próximos dos consumos diários de uma fábrica de cal), admitindo ainda uma paragem anual de um mês, o cálculo do tempo de vida (em anos) de cada escombreyra é dada pela seguinte equação:

$$TV_{anos} = \frac{Q_{MP}}{(300 \times 335)} \quad (\text{eq.9})$$

Onde,

TV – Tempo de vida

Q_{MP} – Quantidade de material disponível para exploração

3.2.4 Resultados

De acordo com os resultados obtidos, para dar seguimento à próxima etapa do estudo, foi efectuada uma selecção das escombreyras com as melhores potencialidades. Esta selecção passou pela realização de diversos cenários onde se fizeram variar alguns parâmetros, tais como:

- a aplicação da constante h/R (eq.5) a todas as escombreyras ou apenas às que não foram objecto de medições no campo;
- o ângulo de inclinação de taludes (para ângulos entre 35° e 45°).

Analisando todos os cenários efectuados, foi seleccionado aquele que:

- utiliza um valor h/R (=0,33), correspondente a alturas medidas no limite das escombreyras, e aplica-o a todas as escombreyras (sujeitas, ou não, a medição no campo);
- utiliza um valor intermédio para o ângulo de inclinação de taludes ($\beta = 40^\circ$; eq.2).

A escolha deste cenário teve como principal critério evitar a utilização de valores sobrestimados, de modo a obter resultados finais mais conservadores. Os resultados obtidos da análise do total das escombreyras inventariadas para o cenário seleccionado são apresentados no **Erro! A origem da referência não foi encontrada.**

Pela análise dos diferentes cenários produzidos, foi possível verificar que o grupo correspondente às primeiras 38 escombreyras, hierarquizadas pelo valor de tempo de vida (TV), era sempre coincidente (embora com algumas alterações de posição). Deste modo, tendo em consideração que o plano de amostragem sugerido na proposta de trabalhos apontava para um número não inferior a 30 pontos de amostragem, foi pré-seleccionado este grupo de 38 escombreyras para constituir os locais a visitar, procedendo-se à recolha de amostras pela ordem dos locais de acordo com a Tabela 3.1, até se atingir o número de 30 amostras (considera-se que as 8 escombreyras do final da lista

corresponderão a uma reserva para o caso de não ser possível, por razões diversas, efectuar a amostragem numa das 30 primeiras escombreyras).

A análise da Tabela 3.1 permite verificar que a escombreyra posicionada em primeiro lugar apresenta um volume e quantidade de matéria-prima de 2,5 milhões de m³ e 6,7 milhões de toneladas, respectivamente, o que corresponde a um tempo de vida de exploração estimado em 67 anos; a escombreyra posicionada em último lugar desta lista aponta para um tempo de vida de exploração estimado em somente 4,5 anos. De realçar que aproximadamente metade dos locais seleccionados (16 escombreyras) apresenta tonelagens de matéria-prima superiores a 1 milhão de toneladas que permitem estimar tempos de vida de exploração superiores a 10 anos. No total das escombreyras desta lista estima-se uma quantidade de matéria-prima superior a 50 milhões de toneladas.

A localização das 38 escombreyras (28 encontram-se no sector de Vila Viçosa, 9 em Borba e somente 1 em Estremoz) seleccionadas para amostragem está assinalada na Figura 3.9, onde se apresenta também as principais vias de comunicação, nomeadamente a Estrada Nacional n.º 4 (EN4) e a Auto-estrada Marateca-Caia (A6). A respectiva distância de cada uma das escombreyras seleccionadas a estas vias de comunicação está igualmente assinalada na Tabela 3.1. Em relação à EN 4, cerca de metade das escombreyras encontram-se a menos de 10km de distância, estando a escombreyra mais próxima a 200m e a mais afastada a 14km. Analisando a sua distribuição, cerca de 5% das escombreyras estão a menos de 5km, 40% entre os 5km e os 10km e 55% a distância superior a 10km. Em relação à A6 verifica-se que cerca de 30% das escombreyras se encontra a distância inferior a 10km e a mais longe a 15km.

Tabela 3.1 – Resultados obtidos das 38 escomboreiras pré-seleccionadas para o plano de amostragem

Código	Volume Total V_T (m ³)	Volume de sólidos V_S (m ³)	Matéria-prima		Tempo de Vida TV (anos)	Distância a vias de comunicação (km)	
			Volume V_{MP} (m ³)	Quantidade Q_{MP} (t)		EN4	A6
E060	4 065 579	3 011 540	2 509 617	6 775 965	67	10,1	10,7
E052	3 065 664	2 270 862	1 892 385	5 109 440	51	10,7	11,4
E054	1 645 732	1 219 061	1 015 884	2 742 886	27	9,8	10,5
E097	1 573 190	1 165 326	971 105	2 621 983	26	13,0	13,7
E072	1 121 007	830 376	691 98	1 868 345	19	11,9	12,6
E028	1 078 517	798 901	665 751	1 797 528	18	7,6	8,2
E031	1 040 093	770 439	642 033	1 733 489	17	5,2	5,8
E094	1 008 957	747 376	622 813	1 681 595	17	12,5	13,2
E104	962 397	712 887	594 072	1 603 995	16	14,6	15,3
E122	962 14	712 696	593 913	1 603 566	16	9,8	11,0
E091	913 806	676 893	564 078	1 523 010	15	11,7	12,4
E012	823 208	609 784	508 153	1 372 014	14	13,9	14,6
E003	752 051	557 075	464 229	1 253 419	12	0,2	7,0
E014	693 155	513 448	427 873	1 155 258	11	13,7	14,3
E046	642 909	476 229	396 858	1 071 516	10,7	9,1	10,3
E027	641 926	475 501	396 251	1 069 877	10,6	7,4	8,1
E062	569 734	422 025	351 688	949 557	9,4	10,3	11,0
E117	557 837	413 213	344 344	929 729	9,3	9,2	9,9
E022	524 001	388 149	323 458	873 336	8,7	12,0	12,7
E084	518 868	384 347	320 289	864 78	8,6	11,9	12,6
E096	485 174	359 388	299 49	808 623	8,0	13,0	13,7
E024	467 296	346 145	288 454	778 826	7,7	5,9	6,6
E029	467 296	346 145	288 454	778 826	7,7	6,4	7,1
E026	460 963	341 454	284 545	768 271	7,6	7,6	8,3
E093	454 062	336 342	280 285	756 771	7,5	12,0	12,7
E030	452 971	335 534	279 612	754 952	7,5	6,1	6,7
E013	451 259	334 266	278 555	752 099	7,5	14,1	14,7
E040	436 354	323 225	269 354	727 256	7,2	4,7	5,4
E076	399 744	296 107	246 756	666 24	6,6	12,4	13,1
E092	391 488	289 991	241 66	652 481	6,5	11,9	12,5
E078	382 094	283 033	235 861	636 824	6,3	12,1	12,7
E019	372 305	275 781	229 818	620 508	6,2	12,4	13,1
E039	354 287	262 434	218 695	590 478	5,9	5,1	5,8
E009	351 254	260 188	216 823	585 423	5,8	12,8	13,5
E067	333 419	246 977	205 814	555 698	5,5	10,4	11,0
E063	310 229	229 799	191 499	517 048	5,1	9,8	10,4
E057	302 666	224 197	186 831	504 443	5,0	9,9	10,5
E064	271 31	200 971	167 476	452 184	4,5	9,4	10,1
Total	30 304 942	22 448 105	18 706 754	50 508 236	502,6		

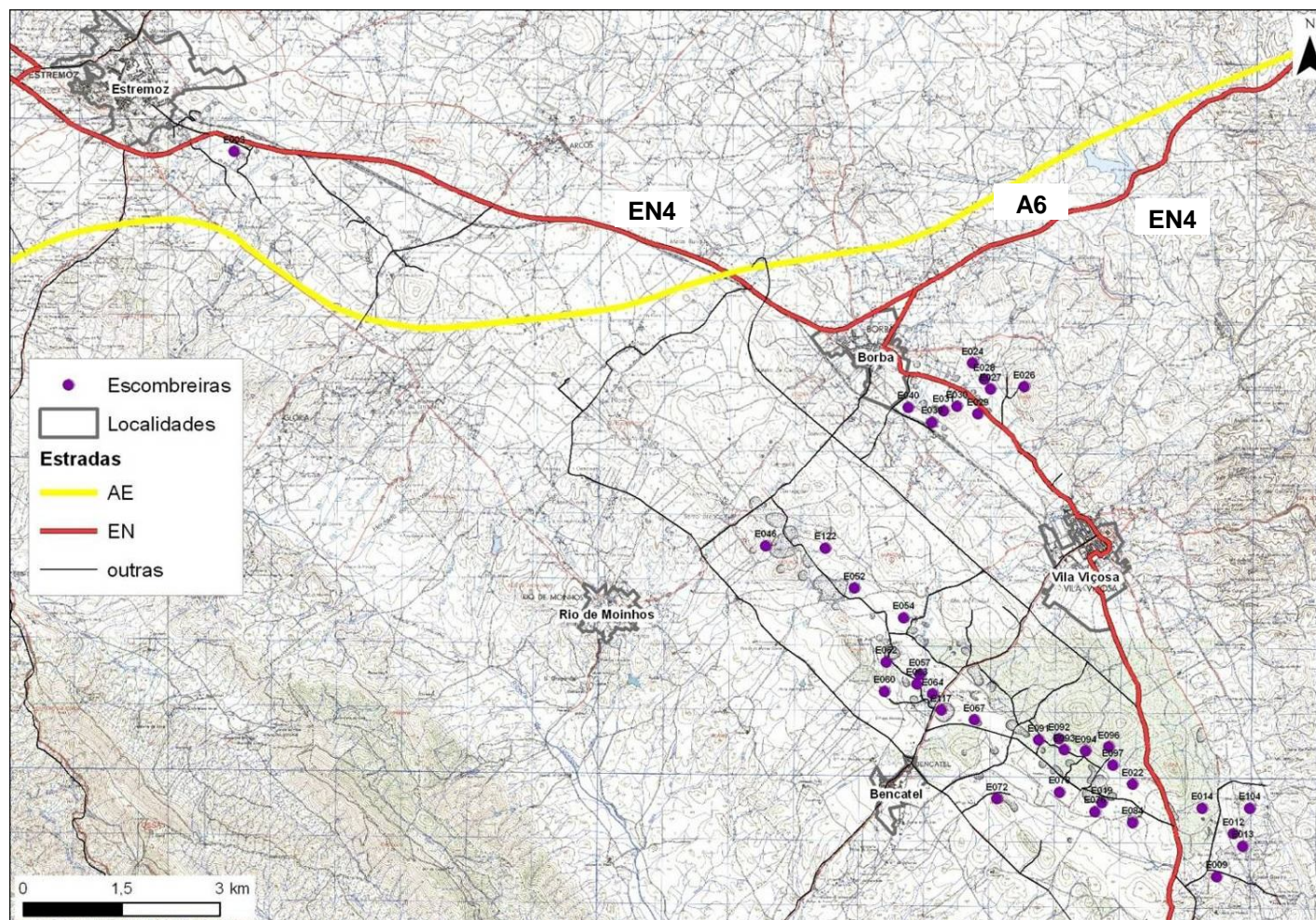


Figura 3.9 – Localização das 38 escombreyas e das principais vias de comunicação da região
(Carta Militar de Portugal à escala 1:25 000, folhas 425, 426, 427, 439, 440 e 441)

3.3 Fase 2 - Programa de Amostragem

3.3.1 Introdução

Dos resultados obtidos na Fase 1 do estudo, através do tratamento dos dados, foi possível seleccionar um grupo de 38 escombreyras (Tabela 3.2) para servir de base à recolha de um conjunto de 30 amostras. Os trabalhos de campo realizados originaram uma alteração nesta lista uma vez que algumas escombreyras foram excluídas por factores que a seguir se referem:

- 3 escombreyras (E46, E84, E67 - assinaladas a cinzento) pelo facto de já não existirem ou por não corresponderem a verdadeiras escombreyras (de lembrar que a inventariação inicial das escombreyras foi efectuada por análise de fotografia aérea/imagem satélite que carece sempre de confirmação no campo);
- 10 escombreyras (E62, E117, E93, E13, E76, E92, E78, E19, E39, E63 - assinaladas a verde) por apresentarem excessiva cobertura de terreno vegetal e de terras (interpretado como sinal de estarem abandonadas há muito tempo ou de serem constituídas na sua maior parte por terras ao invés de pedra.).

Deste modo, da lista inicial foram amostradas somente 25 escombreyras, ficando a faltar 5 para perfazer o conjunto das 30 amostras. Os critérios utilizados para seleccionar as restantes escombreyras da lista inicial das 178 passaram por:

- observação visual da qualidade dos blocos acumulados;
- efectuar a uniformização da distribuição geográfica das escombreyras amostradas e;
- análise da variabilidade de matéria-prima, de forma a não concentrar a amostragem num determinado núcleo.

Deste modo, foram seleccionadas as escombreyras E2, E86, E89, E70 e E101 para completar a lista de amostragem (Tabela 3.3).

Finalmente, é de referir que uma das escombreyras amostradas (E31; assinalado a amarelo na Tabela 3.2) teve que ser reavaliada em termos de volume, uma vez que tinha sido sobrestimada a sua área de implantação (parte da área não corresponde a escombreira propriamente dita, mas sim a “parque de blocos” abandonados sem volume apreciável). Desta forma, a escombreira E31 baixou a sua posição na hierarquia de volumes de 7º para 11º lugar.

Tabela 3.2 – Alterações à lista inicial de amostragem produzida na Fase 1

Código	Volume Total V_T (m ³)	Volume de sólidos V_s (m ³)	Matéria-prima		Tempo de Vida TV (anos)	Distância a vias de comunicação	
			Volume V_{MP} (m ³)	Quantidade Q_{MP} (t)		EN4 (km)	A6 (km)
E060	4 065 579	3 011 540	2 509 617	6 775 965	67	10,1	10,7
E052	3 065 664	2 270 862	1 892 385	5 109 440	51	10,7	11,4
E054	1 645 732	1 219 061	1 015 884	2 742 886	27	9,8	10,5
E097	1 573 190	1 165 326	971 105	2 621 983	26	13,0	13,7
E072	1 121 007	830 376	691 980	1 868 345	19	11,9	12,6
E028	1 078 517	798 901	665 751	1 797 528	18	7,6	8,2
E031	1 040 093	770 439	642 033	1 733 489	17	5,2	5,8
E094	1 008 957	747 376	622 813	1 681 595	17	12,5	13,2
E104	962 397	712 887	594 072	1 603 995	16	14,6	15,3
E122	962 140	712 696	593 913	1 603 566	16	9,8	11,0
E091	913 806	676 893	564 078	1 523 010	15	11,7	12,4
E012	823 208	609 784	508 153	1 372 014	14	13,9	14,6
E003	752 051	557 075	464 229	1 253 419	12	0,2	7,0
E014	693 155	513 448	427 873	1 155 258	11	13,7	14,3
E046	642 909	476 229	396 858	1 071 516	10,7	9,1	10,3
E027	641 926	475 501	396 251	1 069 877	10,6	7,4	8,1
E062	569 734	422 025	351 688	949 557	9,4	10,3	11,0
E117	557 837	413 213	344 344	929 729	9,3	9,2	9,9
E022	524 001	388 149	323 458	873 336	8,7	12,0	12,7
E084	518 868	384 347	320 289	864 780	8,6	11,9	12,6
E096	485 174	359 388	299 490	808 623	8,0	13,0	13,7
E024	467 296	346 145	288 454	778 826	7,7	5,9	6,6
E029	467 296	346 145	288 454	778 826	7,7	6,4	7,1
E026	460 963	341 454	284 545	768 271	7,6	7,6	8,3
E093	454 062	336 342	280 285	756 771	7,5	12,0	12,7
E030	452 971	335 534	279 612	754 952	7,5	6,1	6,7
E013	451 259	334 266	278 555	752 099	7,5	14,1	14,7
E040	436 354	323 225	269 354	727 256	7,2	4,7	5,4
E076	399 744	296 107	246 756	666 240	6,6	12,4	13,1
E092	391 488	289 991	241 660	652 481	6,5	11,9	12,5
E078	382 094	283 033	235 861	636 824	6,3	12,1	12,7
E019	372 305	275 781	229 818	620 508	6,2	12,4	13,1
E039	354 287	262 434	218 695	590 478	5,9	5,1	5,8
E009	351 254	260 188	216 823	585 423	5,8	12,8	13,5
E067	333 419	246 977	205 814	555 698	5,5	10,4	11,0
E063	310 229	229 799	191 499	517 048	5,1	9,8	10,4
E057	302 666	224 197	186 831	504 443	5,0	9,9	10,5
E064	271 310	200 971	167 476	452 184	4,5	9,4	10,1

Tabela 3.3 - Lista de amostragem rectificada após observação no campo

Posição	Código	Freguesia	Volume Total	Volume de Sólidos	Matéria-Prima		Tempo de Vida TV	Distância a Vias de Comunicação	
			V _T	V _S	Volume V _{MP}	Quantidade Q _{MP}		EN4	A6
			(m ³)	(m ³)	(m ³)	(t)		(km)	(km)
1	E060	Bencatel	4 065 579	3 011 540	2 509 617	6 775 965	67	10,1	10,7
2	E052	Rio de Moinhos	3 065 664	2 270 862	1 892 385	5 109 440	51	10,7	11,4
3	E054	Vila Viçosa (Conceição)	1 645 732	1 219 061	1 015 884	2 742 886	27	9,8	10,5
4	E097	Pardais	1 573 190	1 165 326	971 105	2 621 983	26	13,0	13,7
5	E072	Bencatel	1 121 007	830 376	691 980	1 868 345	19	11,9	12,6
6	E028	Borba (Matriz)	1 078 517	798 901	665 751	1 797 528	18	7,6	8,2
7	E094	Vila Viçosa (Conceição)	1 008 957	747 376	622 813	1 681 595	17	12,5	13,2
8	E104	Pardais	962 397	712 887	594 072	1 603 995	16	14,6	15,3
9	E122	Rio de Moinhos	962 140	712 696	593 913	1 603 566	16	9,8	11,0
10	E091	Vila Viçosa (Conceição)	913 806	676 893	564 078	1 523 010	15	11,7	12,4
11	E031	Borba (Matriz)	900 394	666 959	555 799	1 500 657	15	5,2	5,8
12	E012	Vila Viçosa (Conceição)	823 208	609 784	508 153	1 372 014	14	13,9	14,6
13	E003	Estremoz (Santa Maria)	752 051	557 075	464 229	1 253 419	12	0,2	7,0
14	E014	Vila Viçosa (Conceição)	693 155	513 448	427 873	1 155 258	11	13,7	14,3
15	E027	Borba (Matriz)	641 926	475 501	396 251	1 069 877	10,6	7,4	8,1
16	E022	Pardais	524 001	388 149	323 458	873 336	8,7	12,0	12,7
17	E096	Vila Viçosa (Conceição)	485 174	359 388	299 490	808 623	8,0	13,0	13,7
18	E024	Borba (Matriz)	467 296	346 145	288 454	778 826	7,7	5,9	6,6
19	E029	Borba (Matriz)	467 296	346 145	288 454	778 826	7,7	6,4	7,1
20	E026	Borba (Matriz)	460 963	341 454	284 545	768 271	7,6	7,6	8,3
21	E030	Borba (Matriz)	452 971	335 534	279 612	754 952	7,5	6,1	6,7
22	E040	Borba (Matriz)	436 354	323 225	269 354	727 256	7,2	4,7	5,4
23	E009	Pardais	351 254	260 188	216 823	585 423	5,8	12,8	13,5
24	E057	Bencatel	302 666	224 197	186 831	504 443	5,0	9,9	10,5
25	E064	Bencatel	271 310	200 971	167 476	452 184	4,5	9,4	10,1
26	E002	Estremoz (Santa Maria)	256 746	190 182	158 485	427 910	4,3	0,4	6,6
27	E086	Pardais	229 695	170 144	141 787	382 825	3,8	11,9	12,6
28	E089	Vila Viçosa (Conceição)	204 522	151 498	126 248	340 870	3,4	11,4	12,1
29	E070	Vila Viçosa (Conceição)	137 893	102 143	85 119	229 822	2,3	11,1	11,7
30	E101	Bencatel	128 526	95 205	79 337	214 210	2,1	11,2	12,1

3.3.2 Organização do Trabalho de Amostragem

3.3.2.1 Fichas de campo

A organização do trabalho de amostragem passou pela elaboração de uma ficha de campo associada a cada uma das escombreyras. Cada ficha foi identificada por um cabeçalho onde se colocaram as informações mais importantes de cada escombreyra (Figura 3.10):

- Posição – a posição que a escombreyra ocupa na hierarquia de volumes das 30 escombreyras seleccionadas para amostragem;
- Código – identificação inicial para a escombreyra na 1ª fase de trabalho em gabinete;
- Freguesia – freguesia na qual a escombreyra se encontra inserida;
- Sector – referência ao sector de exploração;
- Núcleo – referência ao núcleo de exploração (definido em cada Sector) onde a escombreyra se insere;
- Volumes, Quantidade, Tempo de Vida e Distância a vias de comunicação – informação quantitativa sobre a escombreyra.
-

Posição	Código	Freguesia	Sector		Núcleo	
Volume Total	Volume de sólidos	Volume de Matéria-prima	Quantidade	Tempo de Vida	Distância a Vias de Comunicação	
(m ³)	(m ³)	(m ³)	(t)	(anos)	EN4 (km)	A6 (km)

Figura 3.10 – Cabeçalho das fichas de campo

No campo, completou-se esta ficha com informação sobre: o número de incrementos de amostragem e a descrição detalhada de cada um deles; o estado de utilização da escombreyra; o estado de laboração da respectiva pedreira (quando existente ou sempre que possível de determinar); outros tipos de litologias e materiais presentes; outras informações relevantes. Apresentam-se no Anexo II o conjunto das 30 fichas de campo preenchidas.

3.3.2.2 Plano de amostragem

A distribuição geográfica das 30 escombreyas é representativa da dimensão e do número de explorações presentes em cada um dos sectores de exploração. No sector de Estremoz, núcleo de Cruz de Meninos, foram amostradas 2 escombreyas e no sector de Borba, núcleo de Borba, amostradas 8 escombreyas. O sector de Vila Viçosa apresenta maior área e maior concentração de explorações, encontrando-se, neste caso, dividido em 3 núcleos de exploração: Núcleo de Mouro-Vigária, onde foram amostradas 6 escombreyas; Núcleo de Lagoa, com 10 escombreyas e Núcleo de Pardais, com 4 escombreyas amostradas (Tabela 3.4 e Figura 3.11).

Tabela 3.4 – Escombreyas amostradas por núcleo de exploração

Sector	Núcleo	Escombreyas amostradas
Estremoz	Cruz de Meninos	2
Borba	Borba	8
Vila Viçosa	Mouro-Vigária	6
	Lagoa	10
	Pardais	4

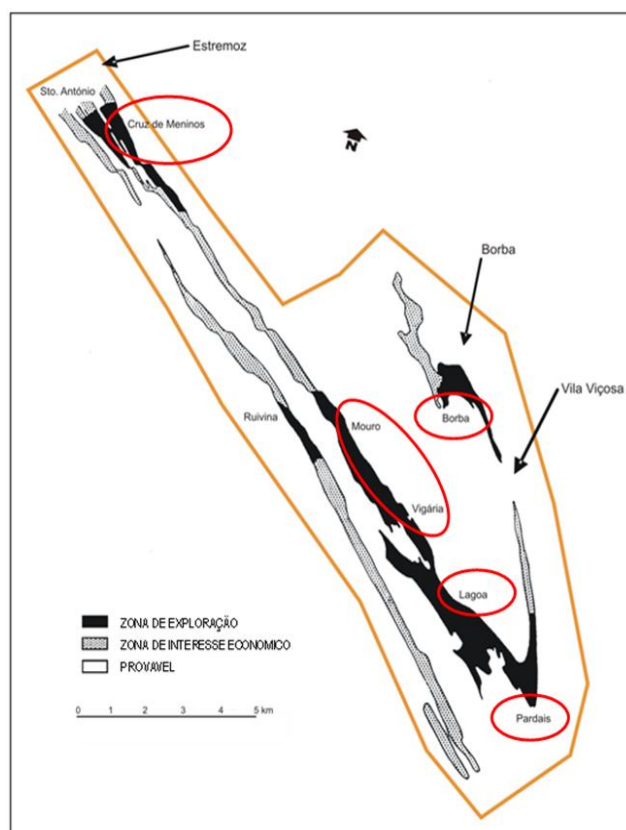


Figura 3.11 – Localização dos núcleos de exploração

Na Figura 3.12 encontra-se o mapa com a localização das 30 escombreyas seleccionadas para amostragem.

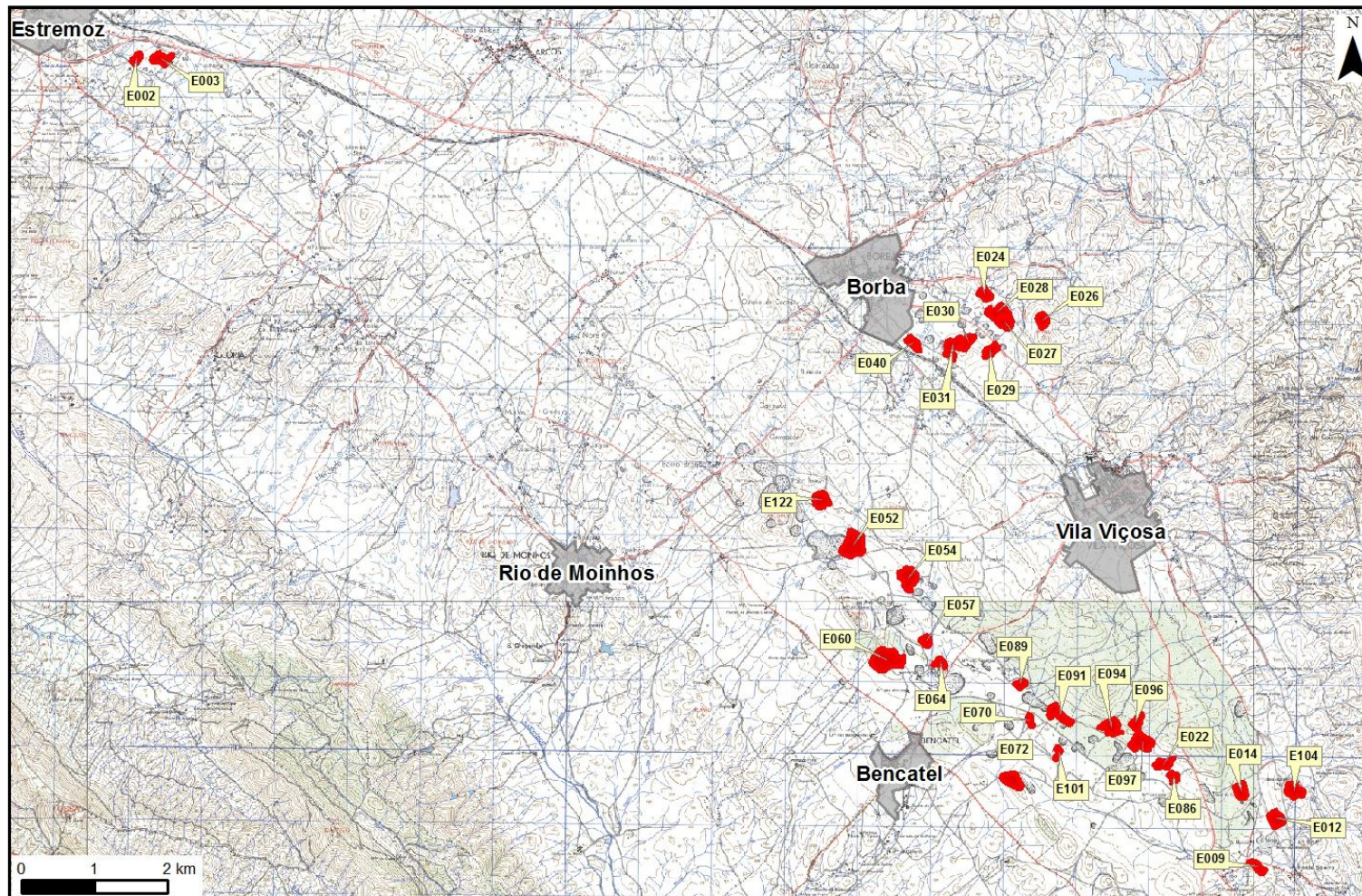


Figura 3.12 – Mapa de localização das 30 escombreyras seleccionadas
(Carta Militar de Portugal à escala 1:25 000, folhas 425, 426, 427, 439, 440 e 441)

De forma a que as amostras recolhidas em cada escombreira fossem o mais representativas possíveis, foi necessário adoptar os seguintes critérios:

- Incrementos de amostragem – o número de incrementos de amostragem considerados para constituição de cada amostra foi de 10. No entanto, em função da dimensão e da homogeneidade/heterogeneidade do material que constitui a escombreira, este número aumentou ou diminuiu, mas sempre garantindo os 5kg por amostra;
- Representatividade da escombreira – para garantir esta representatividade, foram recolhidos, sempre que possível, incrementos no topo, na zona intermediária e na base da escombreira. Na recolha dos incrementos foi tido o cuidado de retirar porções de blocos recentes e antigos e também dos vários tipos de mármore existentes.

Seguidamente, descreve-se de forma sumária cada um dos Sectores e respectivos Núcleos de Exploração (a descrição mais detalhada das 30 escombreyras amostradas encontra-se no Anexo **Erro! A origem da referência não foi encontrada.**).

Na Tabela 3.5 apresenta-se uma síntese das características das escombreyras amostradas em cada núcleo de exploração, onde se indica:

- *Estado de actividade* – é feita referência ao estado de actividade da escombreira (se presentemente está a receber material), bem como ao da pedreira que lhe fornece material;
- *Homogeneidade da matéria-prima (mármore) da escombreira* – se apenas é constituída por um número restrito de variedades de mármore (1 a 2) ou se ocorrem maior número de variedades;
- *Presença de outras litologias/materiais* – indica-se qual o material, que além do mármore, também aparece nas escombreyras.

Tabela 3.5 - Síntese das características das escomboreiras amostradas nos diferentes núcleos de exploração

Núcleo	Código	Posição	Estado de Actividade			Homogeneidade c)		Presença de outras litologias/mater iais	Amostra d)
			Escombreira		Pedreira Associada	Sim	Não		
			Activa	Inactiva					
Cruz de Meninos	E003	13	x		Activa	x		Dolomitos	10
	E002	26	x		Activa	x		-	9
Borba	E028	6	x		Activa		x	-	10
	E031	11	x		Activa		x	Britas	8
	E027	15		x	Inactiva		x	Dolomitos	10
	E024	18		x	Inactiva b)		x	Metavulcanitos	9
	E029	19	x		Activa		x	-	10
	E026	20	x		a)		x	Lamas e "natas" (de transformação)	10
	E030	21		x	Inactiva		x	-	11
	E040	22	x		Activa	x		-	10
	Mouro- Vigária	E060	1	x		Activa		x	Filões básicos e terras de cobertura
E052		2	x		a)	x		Xisto, vulcanitos,	10
E054		3	x		Activa	x		Xisto e	12
E122		9	x		Activa	x		-	8
E057		24	x		a)		x	Xistos	10
E064		25		x	Inactiva	x		-	7
Lagoa	E097	4	x		Activa		x	Terras de cobertura.	10
	E072	5	x		Inactiva b)		x	-	10
	E094	7		x	Activa	x		-	7
	E091	10	x		Activa		x	Lamas	8
	E022	16		x	Inactiva		x	Vulcanitos.	10
	E096	17	x		a)		x	Terras e nódulos de ferro	8
	E086	27	x		Activa	x		-	7
	E089	28		x	Inactiva		x	-	10
	E070	29	x		a)	x		Terras e "natas" (de transformação)	7
	E101	30	x		Activa		x	Terras de cobertura	6

Pardais	E104	8	x		a)		x	Terras com metais. Britas	10
	E012	12	x		Activa		x	Filões básicos	10
	E014	14	x		Activa		x	-	10
	E009	23		x	?		x	Vulcanitos	10

- a) Material da escombreyra de proveniência desconhecida
b) Não faz extracção só transformação
c) Homogeneidade da matéria-prima (mármore) da escombreyra
d) Nº de Incrementos

3.3.3 Sector de Estremoz

3.3.3.1 Núcleo de Cruz de Meninos

Neste núcleo do Sector de Estremoz foram recolhidas amostras em 2 escombreyras (E003 e E002, 13ª e 26ª posição, respectivamente na hierarquia das escombreyras amostradas). As escombreyras apresentam como principais resultados os seguintes valores (Tabela 3.6):

- A escombreyra maior (E003), apresenta um volume de matéria-prima de 464 229m³, uma quantidade de 1 253 419t e um tempo de vida estimado de 12 anos;
- A escombreyra menor (E002), é constituída por 158 485m³ de matéria-prima, uma quantidade correspondente a 427 910t e com um tempo de vida estimado em 4,3 anos;
- Ambas as escombreyras estão a uma distância inferior a 0,5km da EN4 e inferior a 7km da A6.

Tabela 3.6 – Escombreyras do Sector de Estremoz

Posição	Código	Volume Total	Volume de Sólidos	Volume de Matéria-prima	Quantidade	Tempo de Vida	Distância a vias de comunicação (km)	
		(m ³)	(m ³)	(m ³)	(t)	(anos)	EN4	A6
13	E003	752 051	557 075	464 229	1 253 419	12	0,2	7,0
26	E002	256 746	190 182	158 485	427 910	4,3	0,4	6,6

As duas escombreyras encontram-se em actividade, assim como as pedreiras que lhes fornecem material. A E003 parece corresponder à junção de 3 escombreyras, que poderão pertencer a diferentes proprietários.

São constituídas por material com alguma homogeneidade, sendo o mármore dominante o tipo que varia entre o branco e o creme, com presença de venagem castanha ou cinzenta. Na E003 é ainda possível observar alguns blocos dolomíticos. A localização destas 2 escombreyras encontra-se assinalada na Figura 3.13.

Tabela 3.7 – Escombreyras do Sector de Borba – Núcleo de Borba

Posição	Código	Volume total (m ³)	Volume de sólidos (m ³)	Volume de Matéria-prima (m ³)	Quantidade (t)	Tempo de Vida (anos)	Distância a vias de comunicação (km)	
							EN4	A6
6	E028	1 078 517	798 901	665 751	1 797 528	18	7,6	8,2
11	E031	900 394	666 959	555 799	1 500 657	15	5,2	5,8
15	E027	641 926	475 501	396 251	1 069 877	10,6	7,4	8,1
18	E024	467 296	346 145	288 454	778 826	7,7	5,9	6,6
19	E029	467 296	346 145	288 454	778 826	7,7	6,4	7,1
20	E026	460 963	341 454	284 545	768 271	7,6	7,6	8,3
21	E030	452 971	335 534	279 612	754 952	7,5	6,1	6,7
22	E040	436 354	323 225	269 354	727 256	7,2	4,7	5,4

Das 8 escombreyras amostradas neste núcleo, 3 delas encontram-se abandonadas e 5 ainda estão a receber material. O estado de laboração das pedreiras (activa/inactiva) determina a utilização, ou não, das respectivas escombreyras, com a excepção de um caso em que a escombreyra (E024) se encontra abandonada e a pedreira adjacente em actividade mas que apenas se dedica à transformação de blocos.

No que respeita à homogeneidade/heterogeneidade do material que constitui as escombreyras deste núcleo de exploração, verifica-se que:

- Apenas a escombreyra E040 apresenta material homogéneo, sendo maioritariamente constituída por mármore rosa;
- A escombreyra E031 apresenta heterogeneidade, sendo constituída por mármore rosa e outras tonalidades de mármore creme;
- As restantes 6 escombreyras apresentam grande heterogeneidade, sendo constituídas por mármore branco, creme e rosa, com grande variedade de cores e tipo de venagem;
- Para além de blocos de mármore, foi também possível observar a presença de outras litologias e materiais, nomeadamente, blocos de mármore com intercalações de metavulcanitos, blocos de dolomitos, e acumulações de lamias e natas de serração de pedra.

Pela observação do mapa da Figura 3.14, é importante salientar que a heterogeneidade da matéria-prima presente neste grupo de escombreyras parece aumentar de Oeste para Este.

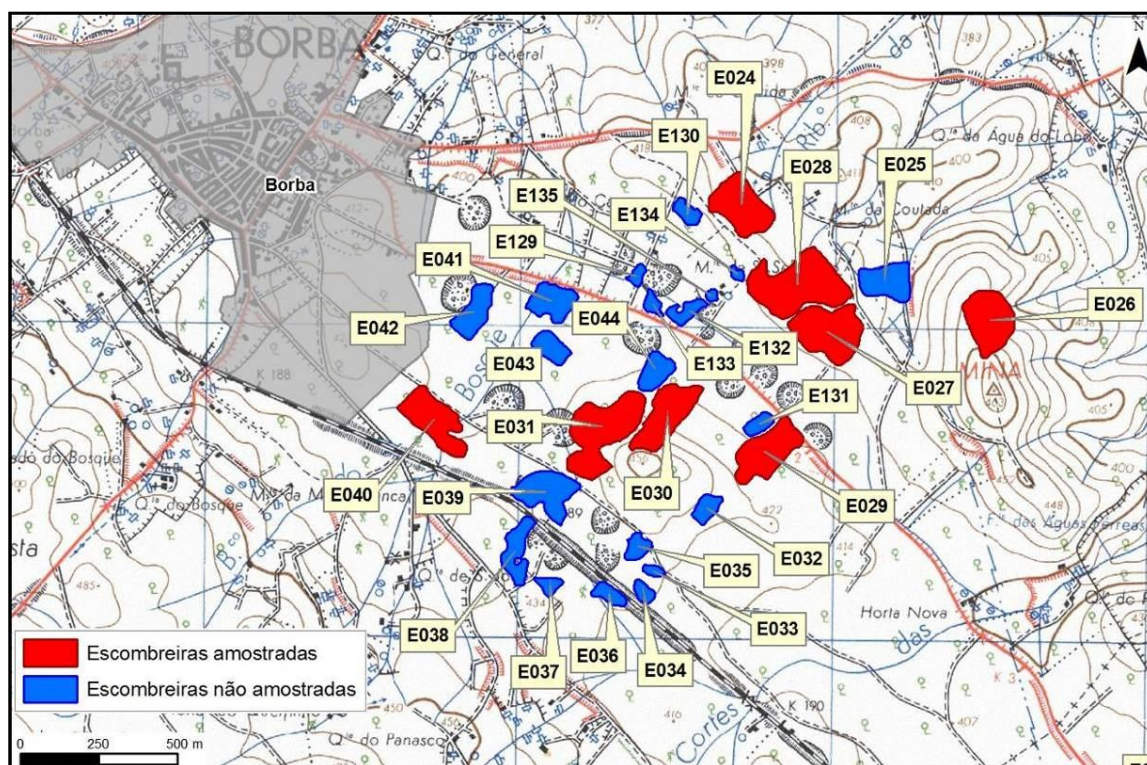


Figura 3.14 – Mapa com a localização das escombreiras no sector/núcleo de Borba

3.3.5 Sector de Vila Viçosa

3.3.5.1 Núcleo de Mouro-Vigária

Neste núcleo foram amostradas 6 escombreiras, sendo que 3 delas correspondem às maiores da lista de amostragem. Verifica-se que:

- A maior escombreira deste núcleo (E060), apresenta um volume de matéria-prima de 2 509 617m³, correspondendo a 6 775 965t e a um tempo de vida estimado em 67 anos;
- A menor escombreira (E064) ocupa a 25ª posição da hierarquia apresentando um volume de matéria-prima de 167 476m³, que equivale a 452 184t e a um tempo de vida de 4,5 anos;
- Estas escombreiras encontram-se todas entre 9 e 11km da EN4 e entre os 10 e os 12km da A6.

A localização destas 6 escombreiras encontra-se assinalada na Figura 3.15, apresentando-se na Tabela 3.8 os valores calculados.

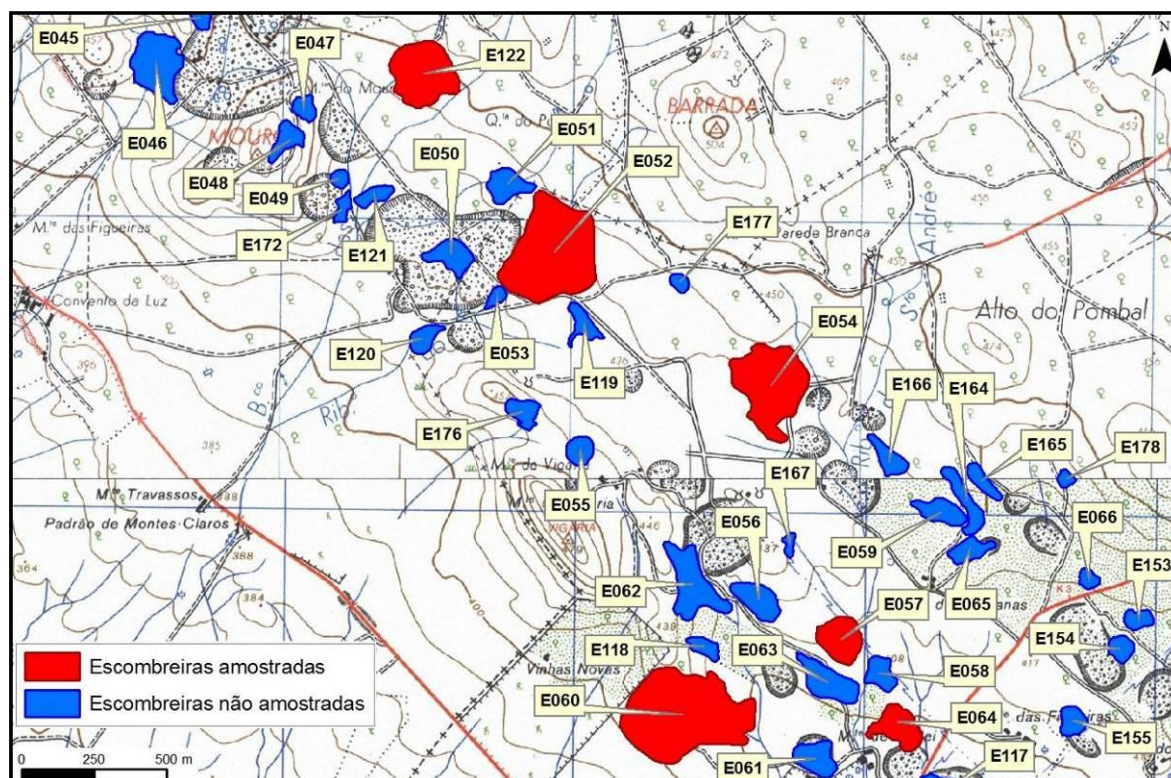


Figura 3.15 – Mapa com a localização das escombreyas no sector de Vila Viçosa, núcleo de Mouro-Vigária

Tabela 3.8 - Escombreyas do Sector de Vila Viçosa – Núcleo de Mouro-Vigária

Posição	Código	Volume total (m³)	Volume de sólidos (m³)	Volume de Matéria-prima (m³)	Quantidade (t)	Tempo de Vida (anos)	Distância a vias de comunicação (km)	
							EN4	A6
1	E060	4 065 579	3 011 540	2 509 617	6 775 965	67	10,1	10,7
2	E052	3 065 664	2 270 862	1 892 385	5 109 440	51	10,7	11,4
3	E054	1 645 732	1 219 061	1 015 884	2 742 886	27	9,8	10,5
9	E122	962 140	712 696	593 913	1 603 566	16	9,8	11,0
24	E057	302 666	224 197	186 831	504 443	5,0	9,9	10,5
25	E064	271 310	200 971	167 476	452 184	4,5	9,4	10,1

Neste núcleo, apenas 1 escombreira (E064) está abandonada, assim como a pedreira que a alimentou. Das outras 5 escombreyas amostradas, apenas 3 (E054, E060 e E122), recebem actualmente material das pedreiras mais próximas e as restantes 2 continuam a receber material, embora não tenha sido possível determinar qual a sua proveniência.

De um modo geral, as escombreyas apresentam relativa homogeneidade, havendo apenas 2 que são bastante heterogéneas (E057 e E060), certamente devido às diferentes proveniências de material. As escombreyas com material homogéneo são constituídas por mármore que varia entre o branco-creme, o branco anilado e o mármore rosa, e as de material heterogéneo são constituídas, para além destas variedades, também por blocos de mármore cinzento.

Em algumas destas escombreyras foi também possível observar depósitos de outros materiais, como xistos, vulcanitos, calcários sedimentares, alguns blocos com intrusões de filões básicos, dolomitos e alguns topos cobertos por terras.

3.3.5.2 Núcleo de Lagoa

Neste núcleo foram amostradas 10 escombreyras, onde se incluem algumas de grande dimensão (E097, E072 e E094, nas posições 4, 5 e 7, respectivamente) e as 4 posicionadas nos últimos lugares da lista de amostragem, ou seja, as com menor volume de matéria-prima. Verifica-se que:

- A maior escombreyra deste núcleo (E097) ocupa a 4ª posição sendo constituída por 971 105m³ de matéria-prima, o que corresponde a 2 621 983t e a 26 anos de tempo de vida;
- A de menor dimensão (E101), ocupa a 30ª posição da lista, apresenta um volume de matéria-prima estimado em 79 337m³, uma quantidade de 214 210t e 2,1 anos de exploração;
- Todas as escombreyras deste núcleo encontram-se a mais de 11km das principais vias de comunicação (EN4 e A6), mas a menos de 14km.

A localização das 10 escombreyras encontra-se assinalada na Figura 3.16 apresentando-se na Tabela 3.9 os valores calculados.

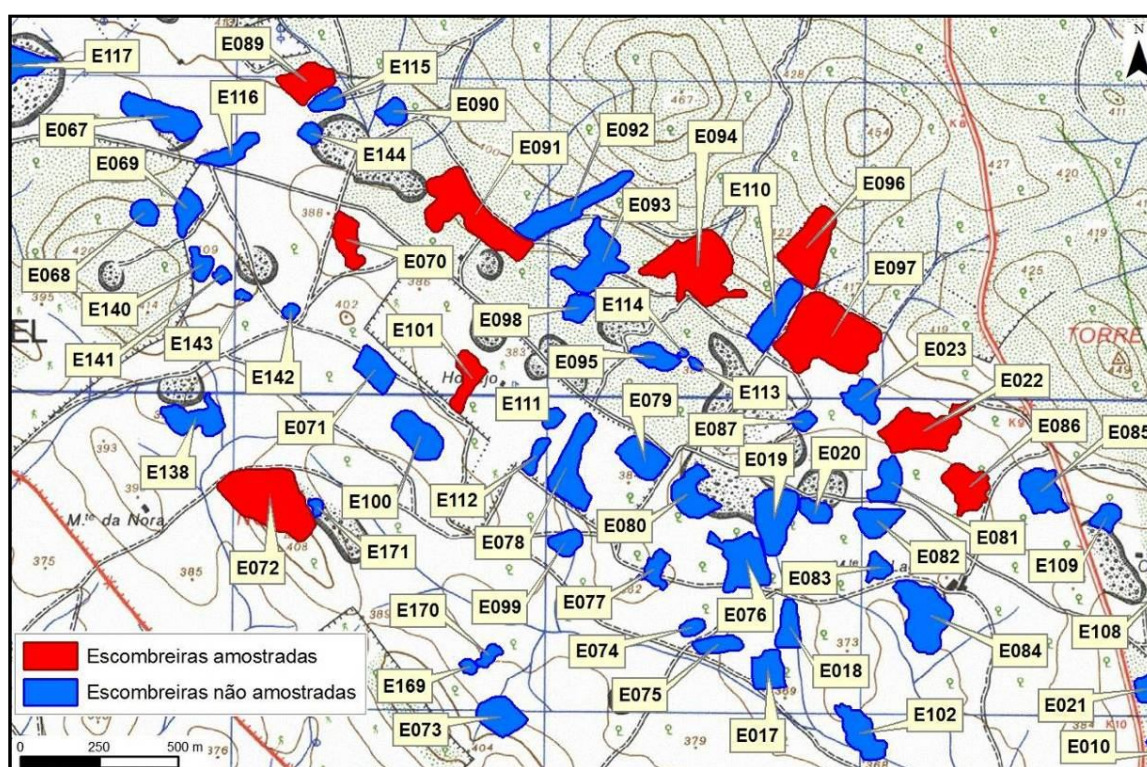


Figura 3.16 – Mapa com a localização das escombreyras no sector de Vila Viçosa, núcleo de Lagoa

Tabela 3.9 – Escombreyras do Sector de Vila Viçosa – Núcleo de Lagoa

Posição	Código	Volume total (m ³)	Volume de sólidos (m ³)	Volume de Matéria-prima (m ³)	Quantidade (t)	Tempo de Vida (anos)	Distância a vias de comunicação (km)	
							EN4	A6
4	E097	1 573 190	1 165 326	971 105	2 621 983	26	13,0	13,7
5	E072	1 121 007	830 376	691 980	1 868 345	19	11,9	12,6
7	E094	1 008 957	747 376	622 813	1 681 595	17	12,5	13,2
10	E091	913 806	676 893	564 078	1 523 010	15	11,7	12,4
16	E022	524 001	388 149	323 458	873 336	8,7	12,0	12,7
17	E096	485 174	359 388	299 490	808 623	8,0	13,0	13,7
27	E086	229 695	170 144	141 787	382 825	3,8	11,9	12,6
28	E089	204 522	151 498	126 248	340 870	3,4	11,4	12,1
29	E070	137 893	102 143	85 119	229 822	2,3	11,1	11,7
30	E101	128 526	95 205	79 337	214 210	2,1	11,2	12,1

A maioria das escombreyras (7) encontra-se em utilização por estarem associadas a pedreiras activas, embora em relação a 3 delas seja desconhecida a proveniência de material. As restantes 3 escombreyras (E022, E072, E089) encontram-se abandonadas.

Em geral, a heterogeneidade das escombreyras é muito elevada, à excepção de 3 delas que apresentam relativa homogeneidade (E070, E086, E094). A variedade de mármore presentes nas diversas escombreyras deste núcleo é muito grande: mármore branco (anilado, com venagem cinzenta, esverdeada, castanha ou rosada), mármore creme (acinzentado, com venagem rosa), mármore rosa (com venagem verde, cinzenta, avermelhada, xistenta ou castanha) e mármore cinzento (alguns com venagem cinzenta mais escura).

Em algumas destas escombreyras pode-se ainda observar blocos de vulcanitos, depósitos de lamias e natas de serração de pedra, terras de cobertura e alguma vegetação.

3.3.5.3 Núcleo de Pardais

Neste núcleo foram recolhidas amostras de 4 escombreyras que ocupam as posições 8, 12, 14 e 23 na lista de amostragem. Verifica-se que:

- A maior escombreyra (E104) tem um volume de matéria-prima estimado em 594 072m³, correspondendo a 1 603 995t e a 16 anos de exploração;
- A menor escombreyra (E009) apresenta um volume de matéria-prima estimado em 216 823m³, uma quantidade de 585 423t e um tempo de vida de 5,8 anos;
- Em relação às principais vias de comunicação (EN4 e A6), estas escombreyras encontram-se entre os 12 e 15km de distância.

A localização das 4 escombreyras encontra-se assinalada na Figura 3.17, apresentando-se no Tabela 3.10 os valores calculados.

Tabela 3.10 – Escombreyas do Sector de Vila Viçosa – Núcleo de Pardais

Posição	Código	Volume total (m ³)	Volume de sólidos (m ³)	Volume de Matéria-prima (m ³)	Quantidade (t)	Tempo de Vida (anos)	Distância a vias de comunicação (km)	
							EN4	A6
8	E104	962 397	712 887	594 072	1 603 995	16	14,6	15,3
12	E012	823 208	609 784	508 153	1 372 014	14	13,9	14,6
14	E014	693 155	513 448	427 873	1 155 258	11	13,7	14,3
23	E009	351 254	260 188	216 823	585 423	5,8	12,8	13,5

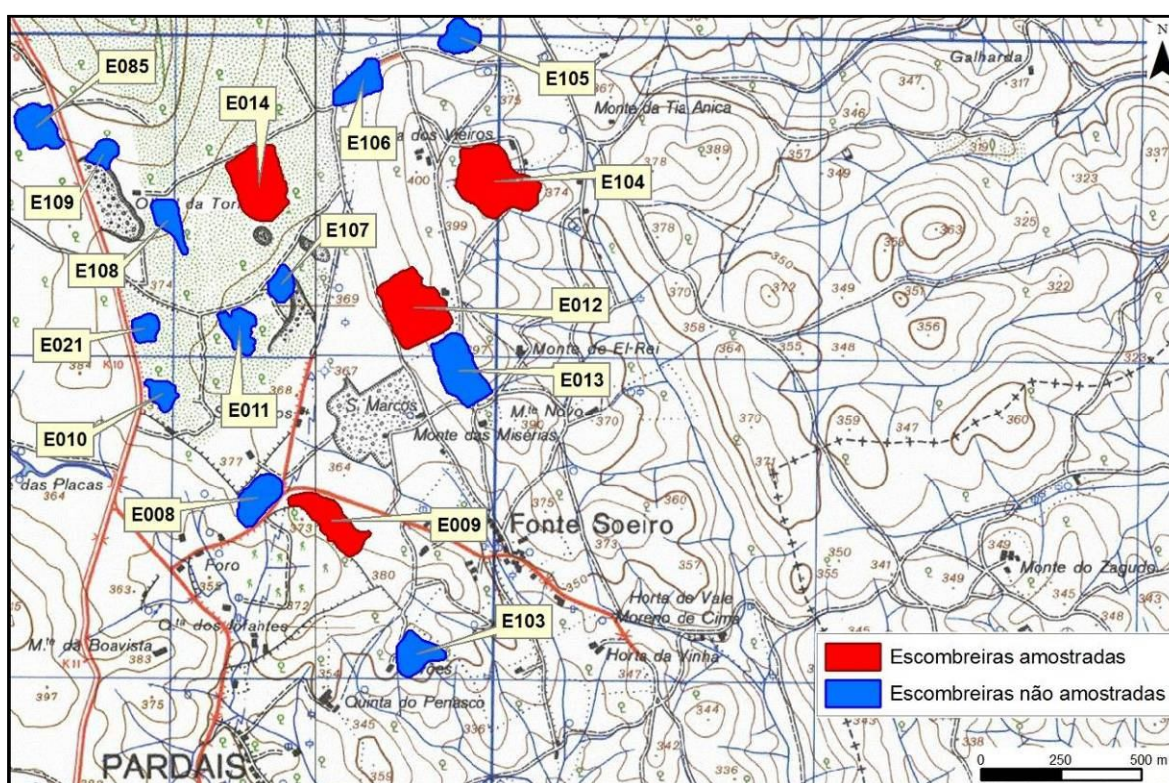


Figura 3.17 – Mapa da localização das escombreyas no sector de Vila Viçosa, núcleo de Pardais

Deste núcleo, apenas 1 escombreyas está abandonada (E009); as restantes continuam a receber material das pedreiras contíguas, excepto uma (E104), que não tem qualquer pedreira activa na sua envolvente próxima.

Todas as escombreyas deste núcleo são heterogéneas, apresentando uma variedade de mármore muito grande: mármore branco (anilado, com venagem cinzenta ou castanha, rosado com venagem avermelhada, branco-creme), mármore creme (rosado, com venagem castanha), mármore rosa (com venagem cinzenta ou avermelhada) e mármore cinzento (com venagem cinzenta mais escura). Foram ainda observados outros materiais, tais como, blocos de vulcanitos, filões e, no caso da E104, grandes volumes de terras com metais provenientes de uma antiga mina de cobre (a Mina dos Veiros) cuja escombreyas se encontra subjacente à de mármore.

3.4 Ensaios de caracterização química

Com a finalidade de proceder a uma caracterização química dos materiais recolhidos nas escomboreiras amostradas, as 30 amostras que resultaram da fase 2 do estudo foram encaminhadas para análise laboratorial. Todos os ensaios de caracterização química foram executados pelo laboratório da SECIL-Outão.

3.4.1 Ensaios Laboratoriais

1. Calcimetria

A calcimetria é um ensaio que é utilizado para testar a percentagem de carbonato. O procedimento laboratorial seguido consistiu nos seguintes passos:

- Ataque com ácido clorídrico, solução 1/5, durante 16h (testado:1grama)
- Aquecer +/- 1min
- Agitador magnético
- Aumentar o pH com hidróxido sódio para precipitação de CaO (só ocorre com $\text{pH} > 7$)
- Filtragem a vácuo com Funil de Büchner
- Secagem em estufa, +/- 1 hora a 103°C, e pesagem final.

2. Espectrometria de fluorescência de raios X (FRX)

A espectrometria de fluorescência de raios X é uma técnica analítica que permite a determinação da concentração de elementos químicos maiores e menores que possuam número atómico $Z > 9$.

3. Fotometria de chama de emissão (FCE)

A análise química de alguns elementos com número atómico baixo, por exemplo Na e K, levanta alguns problemas de estabilidade quando executada por FRX, por esta razão o teor nestes elementos foi determinado pela técnica da FCE.

3.4.2 Resultados

Genericamente, a principal condicionante química para a utilização industrial de carbonatos, em termos de critérios de pureza, é definida pela finalidade da produção. Isto significa que embora haja valores de referência para diferentes utilizações, essencialmente para os teores em carbonatos, não se podem considerar como valores limite. Ainda assim, por exemplo, para a produção de cal, podem considerar-se três intervalos de teores de carbonatos correspondentes à pureza da matéria-prima: inferior a 95%; entre 95% e 97%; e superior a 97% (e.g. BOYNTON, 1980; VELHO *et al*, 1998). Para os restantes elementos estudados não foi encontrada referência a valores limite ou orientadores na matéria-prima, remetendo essa análise para o produto final com consequente aplicação em função da pureza determinada.

Seguidamente apresentam-se os resultados obtidos nos ensaios de caracterização química, por sector e núcleo de exploração.

3.4.2.1 Sector de Estremoz - Núcleo de Cruz de Meninos

Neste núcleo do Sector de Estremoz foram analisadas 2 amostras correspondentes às escombrelas E003 e E002 (13ª e 26ª posição, respectivamente na hierarquia das escombrelas amostradas). As amostras apresentam os seguintes resultados (Tabela 3.11):

Tabela 3.11 - Ensaios de caracterização química – Núcleo de Cruz de Meninos

		Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	P ₂ O ₅	SO ₃	CL ⁻	K ₂ O	CaO	TiO ₂	MnO	Fe ₂ O ₃	RI	Cal livre	Perda fogo	TOC	CaCO ₃
		(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
	E002	0,02	0,60	0,31	1,21	0,01	0,09	0,00	0,09	56,46	0,00	0,00	0,15	1,63	0,00	44,49	0,05	97,10
	E003	0,04	0,55	0,36	1,58	0,01	0,07	0,01	0,09	57,44	0,04	0,02	0,32	1,31	0,00	42,28	0,09	97,18
Núcleo	Média	0,03	0,58	0,34	1,40	0,01	0,08	0,01	0,09	56,95	0,02	0,01	0,24	1,47	0,00	43,39	0,07	97,14
	Máximo	0,04	0,60	0,36	1,58	0,01	0,09	0,01	0,09	57,44	0,04	0,02	0,32	1,63	0,00	44,49	0,09	97,18
	Mínimo	0,02	0,55	0,31	1,21	0,01	0,07	0,00	0,09	56,46	0,00	0,00	0,15	1,31	0,00	42,28	0,05	97,10
	Desvio Padrão	0,01	0,04	0,04	0,26	0,00	0,01	0,01	0,00	0,69	0,03	0,01	0,12	0,23	0,00	1,56	0,03	0,06
	Média	0,03	0,82	0,41	1,42	0,01	0,04	0,01	0,12	55,73	0,02	0,01	0,25	2,27	0,00	43,57	0,08	95,26
Geral	Máximo	0,08	1,97	0,82	2,42	0,06	0,21	0,02	0,23	58,20	0,11	0,06	0,40	4,16	0,00	52,82	0,22	97,55
	Mínimo	0,00	0,46	0,26	0,87	0,01	0,01	0,00	0,00	43,65	0,00	0,00	0,11	1,14	0,00	39,75	0,03	89,60
	Desvio Padrão	0,02	0,41	0,16	0,39	0,01	0,05	0,01	0,05	2,45	0,02	0,01	0,08	0,71	0,00	3,04	0,05	1,89

Ambas as escombrelas deste núcleo apresentam teores de CaCO₃ (superiores a 97%) e de CaO superiores à média da totalidade das escombrelas analisadas. Em quase todos os outros parâmetros analisados, os resultados destas amostras são inferiores aos da media geral. São excepção a esta tendência o SO₃, o Fe₂O₃ e a Perda ao fogo. Ambas as amostras exibem teores de SO₃ superiores à média geral ainda que inferiores à soma do desvio padrão com a média, indicando um valor maior mas não extremo. Relativamente ao Fe₃O₂ identificou-se um valor abaixo da média e um acima ainda que dentro do intervalo definido pela soma da média com o desvio padrão. Os resultados para a Perda ao fogo estão na média geral dos resultados.

A distribuição dos teores de CaCO₃ está representada na Figura 3.18.

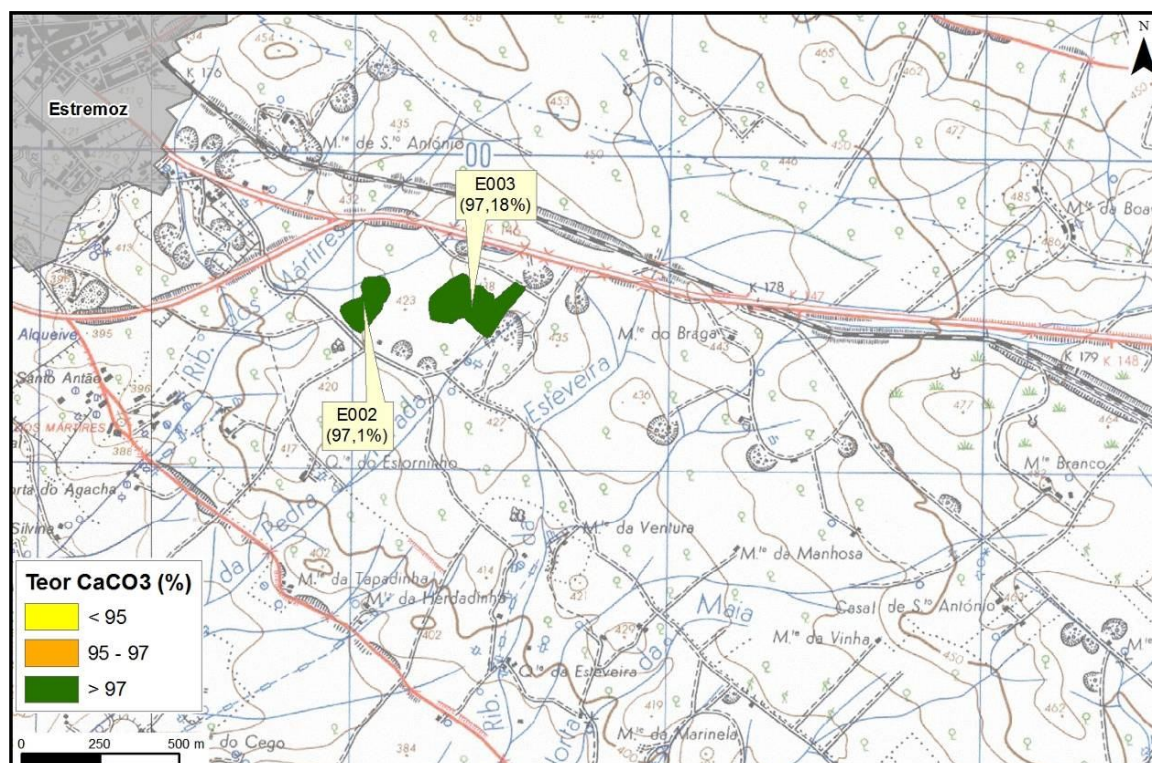


Figura 3.18 – Teores de CaCO_3 no núcleo de Cruz de Meninos.

3.4.2.2 Sector de Borba - Núcleo de Borba

Neste núcleo foram analisadas 8 amostras correspondentes às escombreyras E024, E026, E027, E028, E029, E030, E031 e E040 (variam entre a 6ª e a 22ª posição na hierarquia das escombreyras amostradas). As amostras apresentam os seguintes resultados (Tabela 3.12)

Tabela 3.12 – Ensaio de caracterização química – Núcleo de Borba

	Na_2O	MgO	Al_2O_3	SiO_2	P_2O_5	SO_3	Cl^-	K_2O	CaO	TiO_2	MnO	Fe_2O_3	RI	Cal livre	Perda fogo	TOC	CaCO_3
	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
E024	0,05	0,93	0,54	1,67	0,01	0,01	0,01	0,22	55,19	0,04	0,00	0,30	2,62	0,00	43,86	0,08	95,05
E026	0,02	1,01	0,36	1,52	0,01	0,04	0,02	0,00	56,81	0,03	0,00	0,40	1,90	0,00	39,76	0,10	95,13
E027	0,00	1,36	0,36	0,90	0,01	0,03	0,02	0,10	55,75	0,03	0,00	0,27	1,54	0,00	44,49	0,22	95,73
E028	0,02	0,52	0,27	0,93	0,01	0,03	0,01	0,09	56,65	0,00	0,06	0,26	1,41	0,00	41,15	0,06	95,43
E029	0,02	1,78	0,26	0,87	0,01	0,03	0,01	0,09	55,63	0,00	0,02	0,30	1,51	0,00	44,80	0,09	97,23
E030	0,04	0,53	0,42	1,59	0,01	0,02	0,00	0,14	56,09	0,03	0,00	0,29	2,69	0,00	40,85	0,05	93,48
E031	0,08	0,66	0,49	1,61	0,01	0,01	0,02	0,20	55,74	0,03	0,03	0,35	2,60	0,00	43,96	0,06	97,08
E040	0,01	0,58	0,67	1,76	0,02	0,09	0,01	0,23	56,65	0,04	0,00	0,38	3,14	0,00	43,01	0,11	94,35
Média	0,03	0,92	0,42	1,36	0,01	0,03	0,01	0,13	56,06	0,03	0,01	0,32	2,18	0,00	42,74	0,10	95,44
Máximo	0,08	1,78	0,67	1,76	0,02	0,09	0,02	0,23	56,81	0,04	0,06	0,40	3,14	0,00	44,80	0,22	97,23
Mínimo	0,00	0,52	0,26	0,87	0,01	0,01	0,00	0,00	55,19	0,00	0,00	0,26	1,41	0,00	39,76	0,05	93,48
Desvio Padrão	0,03	0,45	0,14	0,38	0,00	0,03	0,01	0,08	0,59	0,02	0,02	0,05	0,66	0,00	1,89	0,05	1,27
Média	0,03	0,82	0,41	1,42	0,01	0,04	0,01	0,12	55,73	0,02	0,01	0,25	2,27	0,00	43,57	0,08	95,26
Máximo	0,08	1,97	0,82	2,42	0,06	0,21	0,02	0,23	58,20	0,11	0,06	0,40	4,16	0,00	52,82	0,22	97,55
Mínimo	0,00	0,46	0,26	0,87	0,01	0,01	0,00	0,00	43,65	0,00	0,00	0,11	1,14	0,00	39,75	0,03	89,60
Desvio Padrão	0,02	0,41	0,16	0,39	0,01	0,05	0,01	0,05	2,45	0,02	0,01	0,08	0,71	0,00	3,04	0,05	1,89

Os resultados dos ensaios realizados nestas amostras atestam alguma heterogeneidade da matéria-prima. Relativamente ao CaCO_3 os valores encontram-se perto da média geral (à distância máxima prevista pelo desvio padrão) embora existam duas amostras (E040 e E030) que se encontram abaixo dos 95%, valor considerado por alguns autores (BOYNTON, 1980; VELHO *et al.*, 1998) como referência para o fabrico de cal. Os resultados para a Perda ao fogo, Cl^- , P_2O_5 , TiO_2 , SO_3 , CaO , e TOC apresentam-se perto da média geral, com excepção para a E027, máximo total para a concentração de TOC. Relativamente a Na_2O , os valores são genericamente inferiores à média geral com a excepção de duas amostras (E024 e E031) sendo que uma delas (E031) é máximo geral. Nos casos do MgO , MnO e do Al_2O_3 os resultados mostram-se genericamente inferiores à média ou perto desta com excepção para duas amostras: a E029, com valor perto do máximo geral em MgO ; e a E040 com valor máximo geral para o MnO . No caso de SiO_2 a distribuição é relativamente simétrica à média, com valores abaixo e acima desta. Os resultados para Fe_2O_3 e K_2O mostram-se totalmente acima da média geral e com máximos gerais em ambos os parâmetros. Esta deslocação da distribuição de Fe_2O_3 , com valores totalmente acima da média geral, pode estar relacionada com a predominância da variedade de mármore rosa neste sector.

A distribuição dos teores de CaCO_3 está representada na Figura 3.19.

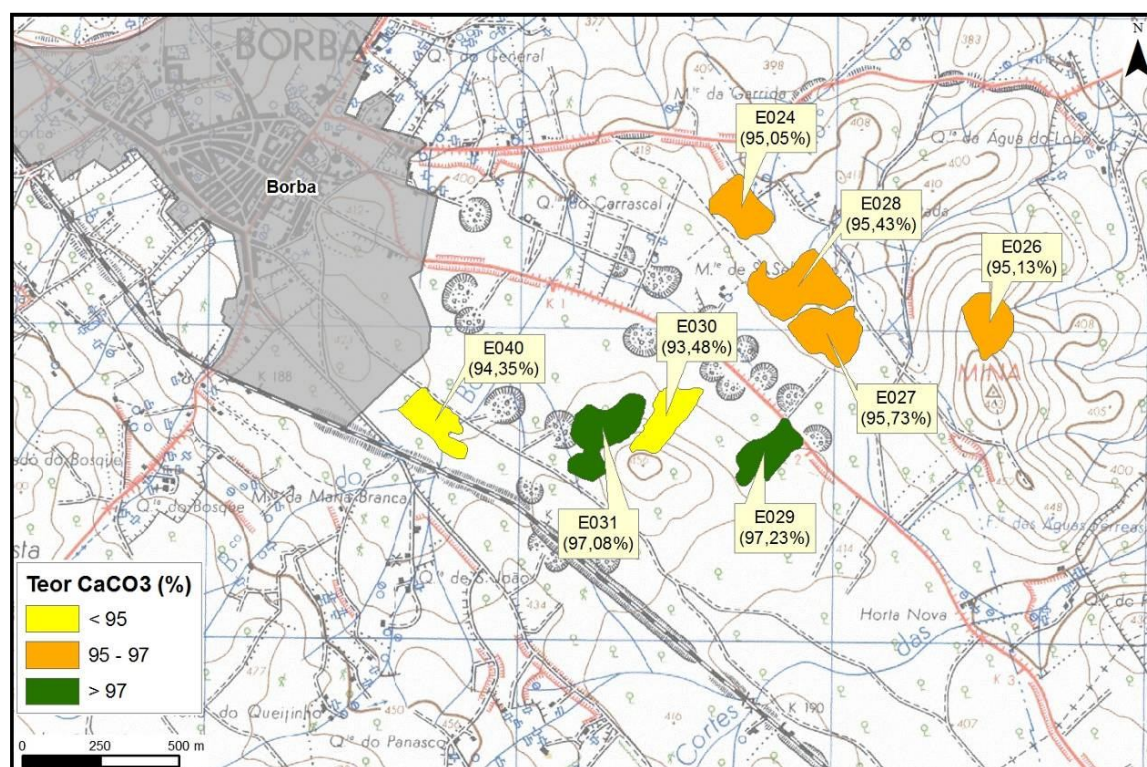


Figura 3.19 – Teores de CaCO_3 no núcleo de Borba.

3.4.2.3 Sector de Vila Viçosa

3.4.2.3.1 Núcleo de Mouro-Vigária

Neste núcleo foram analisadas 6 amostras correspondentes às escombrelras E052, E054, E057, E060, E064 e E122 (três destas escombrelras correspondem às maiores da lista). As amostras apresentam os seguintes resultados (Tabela 3.13):

Tabela 3.13 – Ensaio de caracterização química – Núcleo de Mouro-Vigária

	Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	P ₂ O ₅	SO ₃	CL ⁻	K ₂ O	CaO	TiO ₂	MnO	Fe ₂ O ₃	RI	Cal livre	Perda fogo	TOC	CaCO ₃
	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
E052	0,01	0,50	0,26	1,05	0,01	0,09	0,01	0,08	58,20	0,00	0,00	0,22	1,14	0,00	43,22	0,10	96,63
E054	0,00	0,60	0,33	0,98	0,01	0,15	0,02	0,08	56,50	0,02	0,00	0,11	4,16	0,00	44,39	0,09	96,78
E057	0,07	0,54	0,69	2,11	0,01	0,05	0,01	0,17	43,65	0,04	0,00	0,27	3,27	0,00	52,38	0,07	89,60
E060	0,00	0,88	0,30	1,44	0,01	0,01	0,01	0,11	55,42	0,02	0,03	0,29	2,36	0,00	44,49	0,05	97,05
E064	0,02	0,80	0,35	1,37	0,06	0,04	0,02	0,11	56,21	0,02	0,00	0,24	2,11	0,00	44,39	0,22	96,25
E122	0,02	0,55	0,39	1,68	0,02	0,02	0,01	0,12	56,96	0,03	0,00	0,19	2,55	0,00	40,00	0,03	92,63
Núcleo																	
Média	0,02	0,65	0,39	1,44	0,02	0,06	0,01	0,11	54,49	0,02	0,01	0,22	2,60	0,00	44,81	0,09	94,82
Máximo	0,07	0,88	0,69	2,11	0,06	0,15	0,02	0,17	58,20	0,04	0,03	0,29	4,16	0,00	52,38	0,22	97,05
Mínimo	0,00	0,50	0,26	0,98	0,01	0,01	0,01	0,08	43,65	0,00	0,00	0,11	1,14	0,00	40,00	0,03	89,60
Desvio Padrão	0,03	0,16	0,16	0,42	0,02	0,05	0,01	0,03	5,39	0,01	0,01	0,06	1,03	0,00	4,08	0,07	3,04
Geral																	
Média	0,03	0,82	0,41	1,42	0,01	0,04	0,01	0,12	55,73	0,02	0,01	0,25	2,27	0,00	43,57	0,08	95,26
Máximo	0,08	1,97	0,82	2,42	0,06	0,21	0,02	0,23	58,20	0,11	0,06	0,40	4,16	0,00	52,82	0,22	97,55
Mínimo	0,00	0,46	0,26	0,87	0,01	0,01	0,00	0,00	43,65	0,00	0,00	0,11	1,14	0,00	39,75	0,03	89,60
Desvio Padrão	0,02	0,41	0,16	0,39	0,01	0,05	0,01	0,05	2,45	0,02	0,01	0,08	0,71	0,00	3,04	0,05	1,89

Os resultados dos ensaios realizados nestas amostras atestam alguma heterogeneidade da matéria-prima. Os teores de CaCO₃ são genericamente acima da média geral com excepção dos resultados da E057 e E122 com a primeira a constituir mínimo geral e a segunda abaixo do patamar dos 95%. Os resultados para Cl⁻, TiO₂, MnO, P₂O₅ e Perda ao fogo estão na média mas com um máximo geral para P₂O₅ na E064. No que toca a Na₂O, MgO, Al₂O₃, K₂O e Fe₂O₃ os resultados são genericamente abaixo da média com excepção para a E057, acima do intervalo médio e, pontualmente, uma ou outra amostra também acima da média. Os resultados de SO₃ apresentam-se acima da média com excepção dos valores para a E060, mínimo geral, e E122. Os restantes teores apresentam distribuições bastante heterogéneas, algumas sendo simétricas em relação à média mas com presenças de mínimos e máximos gerais em vários parâmetros.

A distribuição dos teores de CaCO₃ está representada na Figura 3.20.

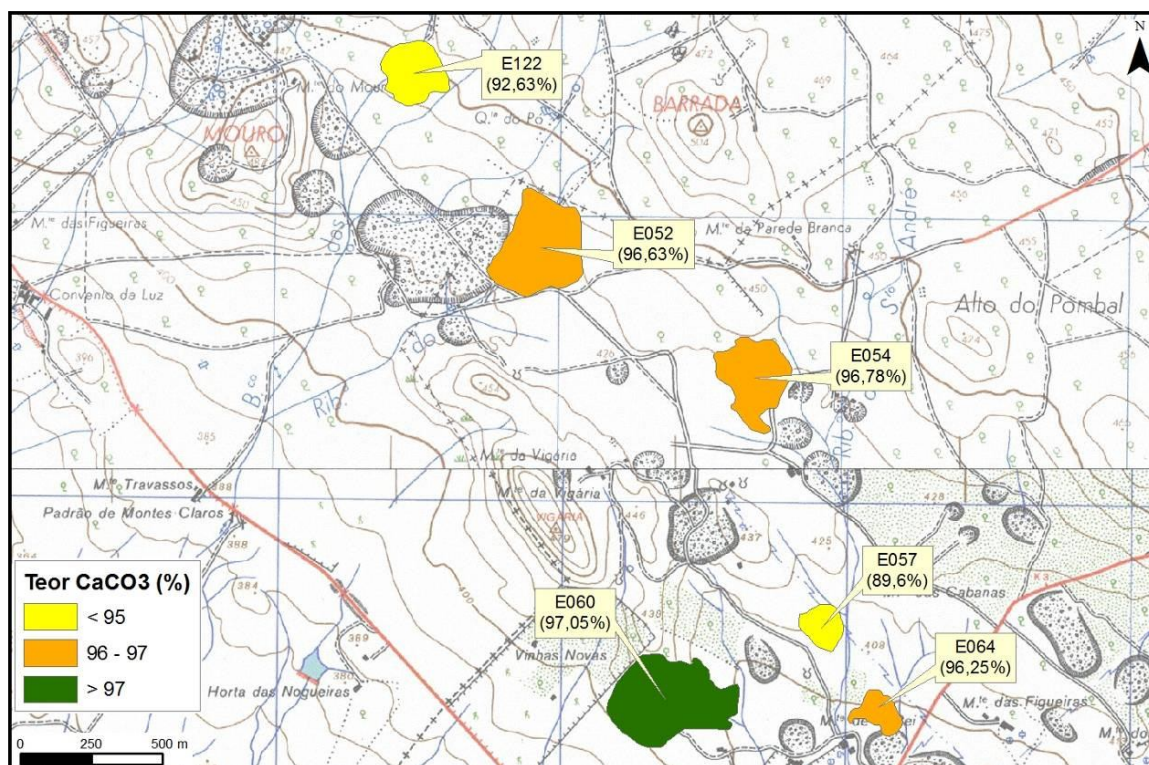


Figura 3.20– Teores de CaCO_3 no núcleo de Mouro-Vigária.

3.4.2.3.2 Núcleo de Lagoa

Neste núcleo foram analisadas 10 amostras correspondentes às escombreyas E022, E070, E072, E086, E089, E091, E094, E096, E097 e E101 (algumas de grande dimensão). As amostras apresentam os seguintes resultados (Tabela 3.14):

Tabela 3.14 – Ensaaios de caracterização química – Núcleo de Lagoa

	Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	P ₂ O ₅	SO ₃	CL ⁻	K ₂ O	CaO	TiO ₂	MnO	Fe ₂ O ₃	RI	Cal livre	Perda fogo	TOC	CaCO ₃
	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
E022	0,03	0,72	0,49	1,88	0,01	0,21	0,01	0,14	56,55	0,00	0,00	0,28	2,55	0,00	43,12	0,09	95,15
E070	0,03	1,97	0,63	1,73	0,02	0,02	0,01	0,18	53,98	0,05	0,02	0,31	2,91	0,00	43,86	0,10	94,95
E072	0,00	0,60	0,32	1,18	0,01	0,03	0,00	0,10	56,69	0,00	0,00	0,18	2,11	0,00	44,70	0,15	95,63
E086	0,03	0,61	0,27	1,31	0,01	0,01	0,00	0,09	55,97	0,02	0,00	0,15	2,44	0,00	52,82	0,04	95,95
E089	0,05	0,69	0,31	1,01	0,01	0,02	0,01	0,09	56,40	0,03	0,00	0,17	1,74	0,00	44,60	0,05	96,10
E091	0,02	0,51	0,73	2,42	0,01	0,04	0,01	0,23	55,33	0,03	0,02	0,35	3,48	0,00	39,75	0,06	91,58
E094	0,03	1,16	0,26	0,99	0,01	0,01	0,01	0,08	55,39	0,00	0,00	0,12	1,54	0,00	44,81	0,06	97,55
E096	0,05	1,81	0,42	1,18	0,01	0,01	0,02	0,12	54,25	0,02	0,00	0,20	1,66	0,00	44,81	0,12	95,13
E097	0,02	0,62	0,48	1,34	0,01	0,04	0,00	0,11	57,14	0,00	0,00	0,22	2,12	0,00	44,49	0,07	95,65
E101	0,03	1,09	0,37	1,33	0,01	0,01	0,01	0,11	55,78	0,00	0,00	0,19	2,69	0,00	40,85	0,06	96,48
Núcleo																	
Média	0,03	0,98	0,43	1,44	0,01	0,04	0,01	0,13	55,75	0,02	0,00	0,22	2,32	0,00	44,38	0,08	95,42
Máximo	0,05	1,97	0,73	2,42	0,02	0,21	0,02	0,23	57,14	0,05	0,02	0,35	3,48	0,00	52,82	0,15	97,55
Mínimo	0,00	0,51	0,26	0,99	0,01	0,01	0,00	0,08	53,98	0,00	0,00	0,12	1,54	0,00	39,75	0,04	91,58
Desvio Padrão	0,01	0,53	0,16	0,45	0,00	0,06	0,01	0,05	1,03	0,02	0,01	0,07	0,61	0,00	3,46	0,03	1,55
Geral																	
Média	0,03	0,82	0,41	1,42	0,01	0,04	0,01	0,12	55,73	0,02	0,01	0,25	2,27	0,00	43,57	0,08	95,26
Máximo	0,08	1,97	0,82	2,42	0,06	0,21	0,02	0,23	58,20	0,11	0,06	0,40	4,16	0,00	52,82	0,22	97,55
Mínimo	0,00	0,46	0,26	0,87	0,01	0,01	0,00	0,00	43,65	0,00	0,00	0,11	1,14	0,00	39,75	0,03	89,60
Desvio Padrão	0,02	0,41	0,16	0,39	0,01	0,05	0,01	0,05	2,45	0,02	0,01	0,08	0,71	0,00	3,04	0,05	1,89

As amostras provenientes deste núcleo estão, em regra, próximas da média geral. Relativamente ao CaCO₃ há 4 valores abaixo da média sendo que 2 estão abaixo de 95%. Os restantes valores de CaCO₃ estão acima da média sendo que um deles é máximo geral, na E094, com mais de 97%. O MgO e Fe₂O₃ apresentam-se genericamente abaixo da média ou perto desta apesar de máximo geral presente na E070. Para a Perda ao fogo ou o SO₃ a distribuição é mais heterogénea apresentando-se com valores perto da média, mas com máximos e mínimos gerais em algumas amostras. De referir ainda que a presença de P₂O₅ e de MnO apenas foi detectada em uma e duas amostras, respectivamente.

A distribuição dos teores de CaCO₃ está representada na Figura 3.21

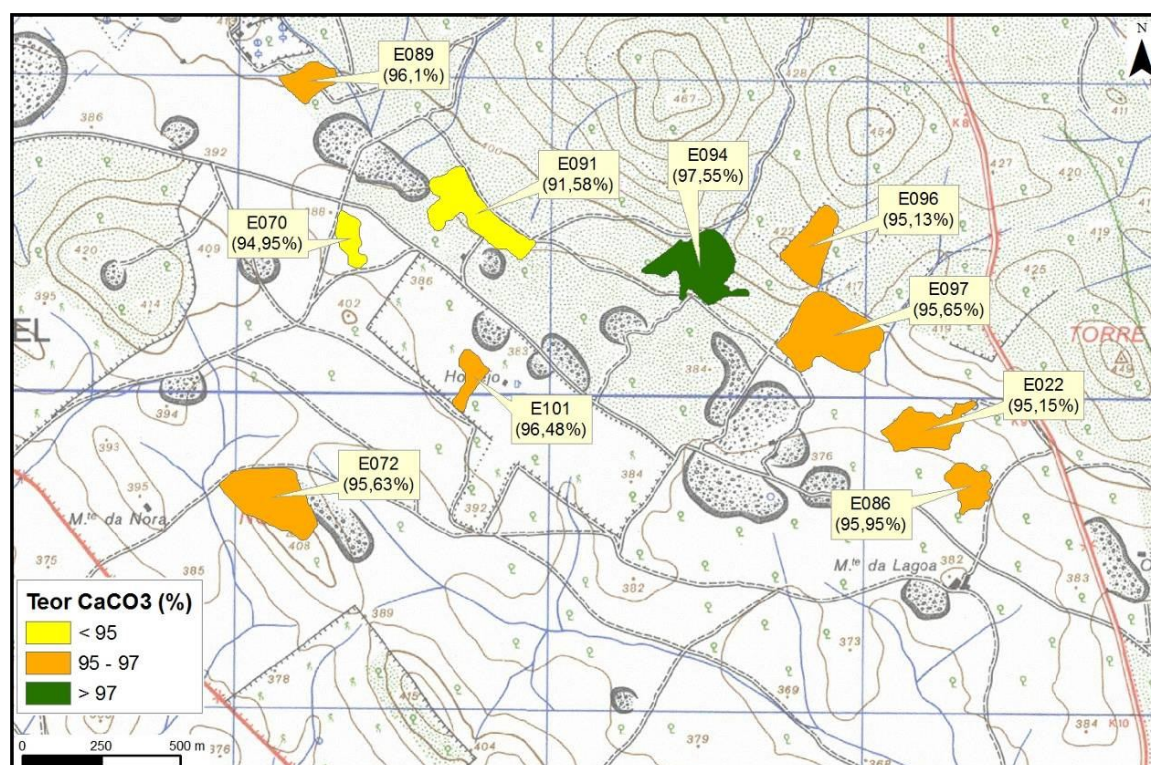


Figura 3.21 – Teores de CaCO_3 no núcleo de Lagoa.

3.4.2.3.3 Núcleo de Pardais

Neste núcleo do Sector de Vila Viçosa foram analisadas 4 amostras correspondentes às escombreyras E009, E012, E014 e E104 (23ª, 12ª, 14ª e 8ª posições, respectivamente na hierarquia das escombreyras amostradas). As amostras apresentam os seguintes resultados (Tabela 3.15):

Tabela 3.15 – Ensaio de caracterização química – Núcleo de Pardais

	Na_2O	MgO	Al_2O_3	SiO_2	P_2O_5	SO_3	Cl^-	K_2O	CaO	TiO_2	MnO	Fe_2O_3	RI	Cal livre	Perda fogo	TOC	CaCO_3
	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
E009	0,02	0,60	0,82	2,17	0,01	0,01	0,01	0,20	55,09	0,11	0,03	0,38	2,91	0,00	40,50	0,05	93,03
E012	0,03	0,71	0,34	1,30	0,01	0,02	0,01	0,11	56,13	0,00	0,00	0,16	2,05	0,00	44,07	0,07	97,05
E014	0,02	0,70	0,30	1,35	0,01	0,02	0,01	0,10	56,41	0,00	0,00	0,17	2,01	0,00	40,91	0,04	94,30
E104	0,02	0,46	0,26	1,23	0,01	0,02	0,00	0,07	57,31	0,00	0,02	0,13	1,93	0,00	40,14	0,10	92,63
Núcleo Média	0,02	0,62	0,43	1,51	0,01	0,02	0,01	0,12	56,24	0,03	0,01	0,21	2,23	0,00	41,41	0,07	94,25
Núcleo Máximo	0,03	0,71	0,82	2,17	0,01	0,02	0,01	0,20	57,31	0,11	0,03	0,38	2,91	0,00	44,07	0,10	97,05
Núcleo Mínimo	0,02	0,46	0,26	1,23	0,01	0,01	0,00	0,07	55,09	0,00	0,00	0,13	1,93	0,00	40,14	0,04	92,63
Núcleo Desvio Padrão	0,00	0,12	0,26	0,44	0,00	0,00	0,01	0,06	0,91	0,06	0,02	0,11	0,46	0,00	1,80	0,03	2,00
Geral Média	0,03	0,82	0,41	1,42	0,01	0,04	0,01	0,12	55,73	0,02	0,01	0,25	2,27	0,00	43,57	0,08	95,26
Geral Máximo	0,08	1,97	0,82	2,42	0,06	0,21	0,02	0,23	58,20	0,11	0,06	0,40	4,16	0,00	52,82	0,22	97,55
Geral Mínimo	0,00	0,46	0,26	0,87	0,01	0,01	0,00	0,00	43,65	0,00	0,00	0,11	1,14	0,00	39,75	0,03	89,60
Geral Desvio Padrão	0,02	0,41	0,16	0,39	0,01	0,05	0,01	0,05	2,45	0,02	0,01	0,08	0,71	0,00	3,04	0,05	1,89

Três das escombrelas deste núcleo apresentam teores de CaCO_3 abaixo da média geral (e inferiores a 95%); somente uma (E012) apresenta valor mais elevado (e superior a 97%). Relativamente ao teor de CaO , duas amostras (E014 e E104) apresentam valores superiores à média geral. Na Perda ao fogo os valores obtidos são genericamente inferiores à média com excepção da E012, pouco acima. Nos restantes parâmetros, com excepção da amostra E009, os resultados são na maioria inferiores aos da média geral. Na referida escombrela E009, vários teores apresentam-se superiores à média geral: SiO_2 , Cl^- , K_2O , MnO , Fe_2O_3 , RI , Al_2O_3 e TiO_2 (estes dois últimos constituindo máximos gerais). A distribuição dos teores de CaCO_3 está representada na Figura 3.22.

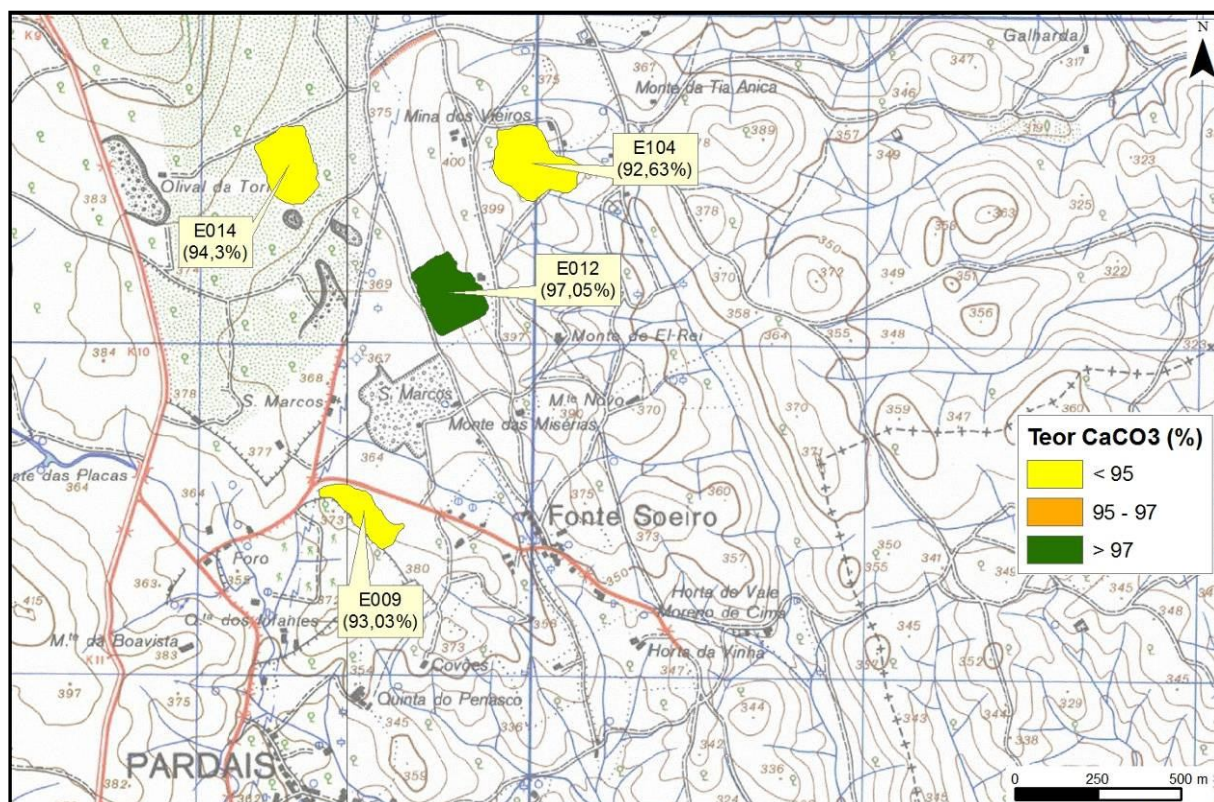


Figura 3.22 – Teores de CaCO_3 no núcleo de Pardais.

3.4.3 Síntese geral

Tabela 3.16 – Ensaio de caracterização química – Síntese

		Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	P ₂ O ₅	SO ₃	CL ⁻	K ₂ O	CaO	TiO ₂	MnO	Fe ₂ O ₃	RI	Cal livre	Perda fogo	TOC	CaCO ₃
		(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
Núcleo Cruz Meninos	Média	0,03	0,58	0,34	1,40	0,01	0,08	0,01	0,09	56,95	0,02	0,01	0,24	1,47	0,00	43,39	0,07	97,14
	Desvio P.	0,01	0,04	0,04	0,26	0,00	0,01	0,01	0,00	0,69	0,03	0,01	0,12	0,23	0,00	1,56	0,03	0,06
Núcleo Borba	Média	0,03	0,92	0,42	1,36	0,01	0,03	0,01	0,13	56,06	0,03	0,01	0,32	2,18	0,00	42,74	0,10	95,44
	Desvio P.	0,03	0,45	0,14	0,38	0,00	0,03	0,01	0,08	0,59	0,02	0,02	0,05	0,66	0,00	1,89	0,05	1,27
Núcleo Mouro - Vigária	Média	0,02	0,65	0,39	1,44	0,02	0,06	0,01	0,11	54,49	0,02	0,01	0,22	2,60	0,00	44,81	0,09	94,82
	Desvio P.	0,03	0,16	0,16	0,42	0,02	0,05	0,01	0,03	5,39	0,01	0,01	0,06	1,03	0,00	4,08	0,07	3,04
Núcleo Lagoa	Média	0,03	0,98	0,43	1,44	0,01	0,04	0,01	0,13	55,75	0,02	0,00	0,22	2,32	0,00	44,38	0,08	95,42
	Desvio P.	0,01	0,53	0,16	0,45	0,00	0,06	0,01	0,05	1,03	0,02	0,01	0,07	0,61	0,00	3,46	0,03	1,55
Núcleo Pardais	Média	0,02	0,62	0,43	1,51	0,01	0,02	0,01	0,12	56,24	0,03	0,01	0,21	2,23	0,00	41,41	0,07	94,25
	Desvio P.	0,00	0,12	0,26	0,44	0,00	0,00	0,01	0,06	0,91	0,06	0,02	0,11	0,46	0,00	1,80	0,03	2,00
Geral	Média	0,03	0,82	0,41	1,42	0,01	0,04	0,01	0,12	55,73	0,02	0,01	0,25	2,27	0,00	43,57	0,08	95,26
	Máximo	0,08	1,97	0,82	2,42	0,06	0,21	0,02	0,23	58,20	0,11	0,06	0,40	4,16	0,00	52,82	0,22	97,55
	Mínimo	0,00	0,46	0,26	0,87	0,01	0,01	0,00	0,00	43,65	0,00	0,00	0,11	1,14	0,00	39,75	0,03	89,60
	Desvio P.	0,02	0,41	0,16	0,39	0,01	0,05	0,01	0,05	2,45	0,02	0,01	0,08	0,71	0,00	3,04	0,05	1,89

Da análise geral e particular destes resultados resultam algumas considerações que se podem tecer. Relativamente aos teores em CaCO₃ é relevante a indicação positiva dada pelas amostras recolhidas no Núcleo de Cruz de Meninos, Estremoz, onde efectivamente se encontra grande parte do mármore branco. O Núcleo de Mouro-Vigária apresenta uma maior distribuição nestes valores baseada na maior heterogeneidade do material explorado, onde é frequente encontrar vários tipos distintos de mármore numa mesma escombreyra. Este comportamento de maior dispersão nas escombreyras de Mouro-Vigária é também visível nos resultados para CaO.

O Núcleo de Cruz de Meninos apresenta também uma menor quantidade de Resíduo Insolúvel e de K₂O, atestando mais uma vez a elevada homogeneidade dos materiais encontrados.

Relativamente à Perda ao fogo e ao SO₃ é relevante a posição do Núcleo de Pardais, com todos os resultados a provocarem uma distribuição em torno de uma média mais baixa do que a geral.

A maior concentração de mármore rosa no sector de Borba é claramente responsável pela deslocação da distribuição de Fe₂O₃, com valores muito acima da média geral.

O núcleo de Lagoa apresenta heterogeneidade como atestado pela descrição das escombreyras amostradas mas também pelas distribuições algo erráticas na maioria dos elementos, em particular no caso do MgO.

3.5 Análise Estatística de Dados

A Análise factorial inclui um conjunto de técnicas estatísticas cujo objectivo é representar ou descrever um número de variáveis iniciais a partir de um menor número de variáveis hipotéticas, ou seja, permite identificar novas variáveis, em número menor que o conjunto inicial, mas sem perda significativa de informação contida neste conjunto (REIS,1997).

O método das componentes principais (ACP) é um dos métodos mais populares de análise factorial e baseia-se no pressuposto de que se podem definir q vectores estatisticamente não correlacionados a partir de combinações lineares dos p indicadores iniciais – as componentes principais. Estas, são calculadas por ordem decrescente de importância, isto é, a primeira explica o máximo possível da variância dos dados originais, a segunda o máximo possível da variância ainda não explicada, e assim por diante. A última componente principal será a que menor contribuição dá para a explicação da variância total dos dados originais. É a quantificação destas componentes, bem como a medida da contribuição de cada uma para a explicação do comportamento dos indicadores iniciais que constituem os resultados mais importantes de aplicação de método de análise factorial das componentes principais (REIS,1997).

Na análise de componentes principais, contrariamente a outros tipos de análise factorial, não há necessidade de testar a existência de factores subjacentes. O seu objectivo não é explicar as correlações entre as variáveis mas apenas encontrar funções matemáticas entre as variáveis iniciais que expliquem o máximo possível da variação existente nos dados e os permitam descrever e reduzir (REIS,1997).

3.5.1 ACP dos Resultados Obtidos

A análise estatística por ACP foi efectuada com recurso ao *software* ANDAD. Para a realização desta análise foram excluídas as seguintes variáveis: P_2O_5 , Cl^- , Cal livre, RI (resíduo insolúvel), Perda ao fogo, e TOC (carbono orgânico total). Esta rejeição deveu-se ao facto destas variáveis serem redundantes, ou seja, todas as amostras apresentam características semelhantes relativamente a estas variáveis não discriminando qualquer informação.

Na Tabela 3.17 são apresentadas as contribuições de 4 componentes principais. Visto que o 4º eixo possui um valor próprio <1 (ou seja, o volume de informação representado neste eixo é demasiado reduzido em relação aos primeiros) apenas são considerados os três primeiros eixos, que explicam cerca de 67% da informação.

Tabela 3.17 – Contribuições das componentes principais (absolutas e acumuladas) em relação ao eixo correspondente

Eixo	Valor Próprio	% Explicada	% Acumulada
1	4.45	40.46	40.46
2	1.51	13.75	54.21
3	1.42	12.93	67.15
4	0.98	8.93	76.08

Através da observação da Tabela 3.18, pode-se tirar algumas conclusões acerca da relação entre as variáveis:

- Existe um grupo de variáveis (nomeadamente o Na₂O, MgO, SO₃ e MnO), que não apresenta relação com qualquer outra variável.
- O Al₂O, TiO₂, SiO₂ encontram-se muito bem correlacionados entre eles e ainda com o Fe₂O e K₂O, no entanto, estas últimas duas variáveis não possuem qualquer correlação entre elas.
- Outro grupo distinto muito bem correlacionado é o do CaO e CaCO₃, que apresenta correlação inversa com o Al₂O e SiO₂.

Tabela 3.18 - Correlação entre as variáveis (análise bi-variada)

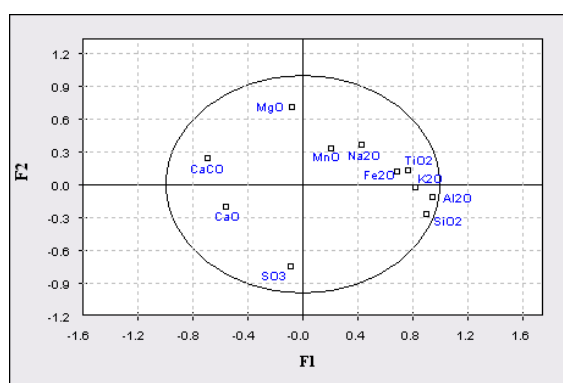
	Na ₂ O	MgO	Al ₂ O	SiO ₂	SO ₃	K ₂ O	CaO	TiO ₂	MnO	Fe ₂ O	CaCO ₃
Na ₂ O	1.00	0.04	0.27	0.29	-0.22	0.33	-0.50	0.20	0.02	0.15	-0.18
MgO		1.00	-0.03	-0.25	-0.25	-0.04	-0.13	0.02	-0.03	0.10	0.26
Al ₂ O			1.00	0.86	0.05	0.83	-0.46	0.73	0.10	0.63	-0.61
SiO ₂				1.00	0.07	0.71	-0.39	0.60	0.08	0.60	-0.67
SO ₃					1.00	-0.04	0.11	-0.18	-0.21	-0.01	0.08
K ₂ O						1.00	-0.33	0.53	0.15	0.49	-0.42
CaO							1.00	-0.28	0.05	-0.13	0.54
TiO ₂								1.00	0.20	0.60	-0.40
MnO									1.00	0.37	0.00
Fe ₂ O										1.00	-0.24
CaCO											1.00

Pela análise conjunta da Tabela 3.19 e Figura 3.23, pode-se retirar as seguintes ilações:

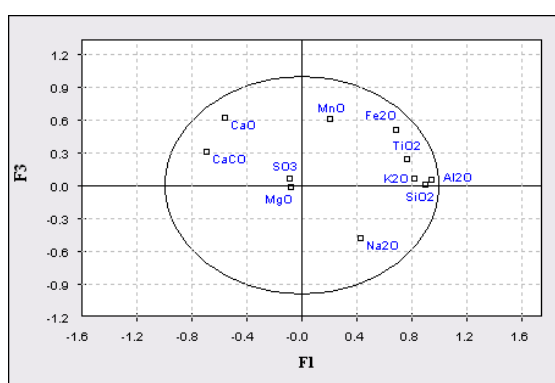
- O eixo 1 é explicado pela maior parte das variáveis analisadas e discrimina dois grupos bem distintos: o grupo do CaO e CaCO do grupo do Al₂O, SiO₂, K₂O, TiO₂ e Fe₂O;
- No eixo 2, o MgO opõe-se ao SO₃;
- O eixo 3 separa o MnO do Na₂O.

Tabela 3.19 – Coordenadas das variáveis em relação aos respectivos eixos

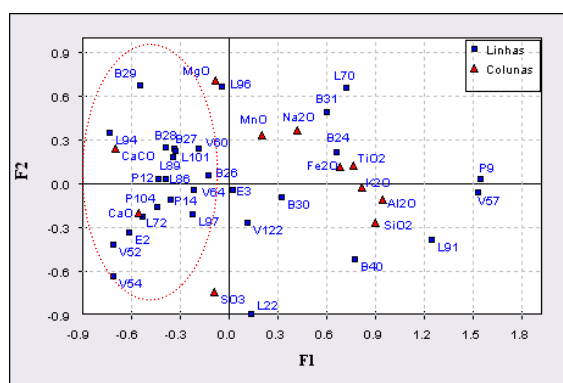
Variável	Eixo 1	Eixo 2	Eixo 3
Na ₂ O	0.424	0.367	-0.480
MgO	-0.081	0.710	-0.012
Al ₂ O	0.944	-0.106	0.052
SiO ₂	0.897	-0.265	0.014
SO ₃	-0.087	-0.742	0.069
K ₂ O	0.817	-0.023	0.068
CaO	-0.559	-0.203	0.620
TiO ₂	0.766	0.129	0.239
MnO	0.201	0.333	0.613
Fe ₂ O	0.684	0.120	0.513
CaCO	-0.696	0.240	0.316



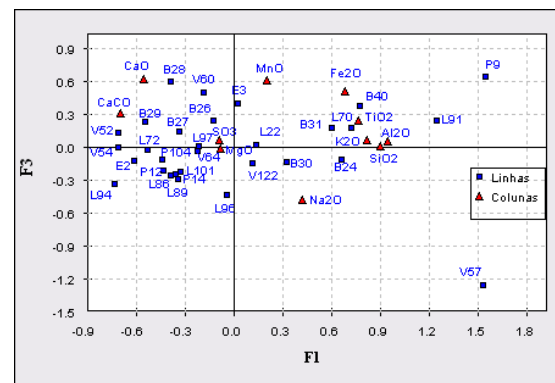
a



b



c



d

Figura 3.23 – Análise em Componentes principais: a) e b) – projecção das variáveis nos planos factoriais F1/F2 e F1/F3 respectivamente; c) e d) – projecção das amostras e variáveis nos planos factoriais F1/F2 e F1/F3 respectivamente

Para melhor análise visual dos gráficos da Figura 3.23 foi feita uma pequena alteração na denominação das amostras, onde o prefixo identificativo “E” alterou para a inicial do correspondente núcleo de exploração onde a amostra foi recolhida, por exemplo, a escombreyra E24 muda para B24, visto ter sido recolhida no núcleo de Borba.

A leituras dos gráficos “c” e “d” da Figura 3.23 permite sintetizar as seguintes considerações:

Mais de metade das amostras (60%) encontra-se do lado negativo do eixo 1 e fortemente correlacionadas com CaO/CaCO_3 . (assinaladas pelo circulo vermelho no gráfico “c”)

Cerca de 20% das amostras estão bem correlacionadas entre si e com as seguintes variáveis: Al_2O_3 , SiO_2 , K_2O , TiO_2 e Fe_2O_3 .

As amostras E3 e V122 não se correlacionam fortemente com qualquer outra amostra nem com qualquer variável.

A amostra L22 não se correlaciona com qualquer outra amostra e é o seu teor em SO_3 que a discrimina das restantes amostras.

A amostra L96 também não se correlaciona com qualquer outra amostra, mas o seu teor em MgO discrimina-a de todas as outras amostras.

3.6 Enquadramento das Escombreyras nos Instrumentos de Ordenamento Territorial

3.6.1 PROZOM

Tal como referido no subcapítulo 2.4.1 o PROZOM define, para a zona dos mármorees do Alentejo, cinco Unidades de Ordenamento: UNOR 1 (Estremoz); UNOR 2 (Borba/Barro Branco/Ruivina); UNOR 3 (Vigária); UNOR 4 (Lagoa); UNOR 5 (Pardais). Nos subcapítulos seguintes é efectuada a sobreposição da localização das escombreyras em estudo com a Planta de Ordenamento, na escala 1:50 000, desenvolvida pelo PROZOM.

3.6.2 UNOR 1 - Estremoz

De acordo com a Planta de Ordenamento na UNOR 1 (Estremoz) identificam-se 2 escombreyras (E002 e E003) dentro da unidade “Fileira de Mármorees”.

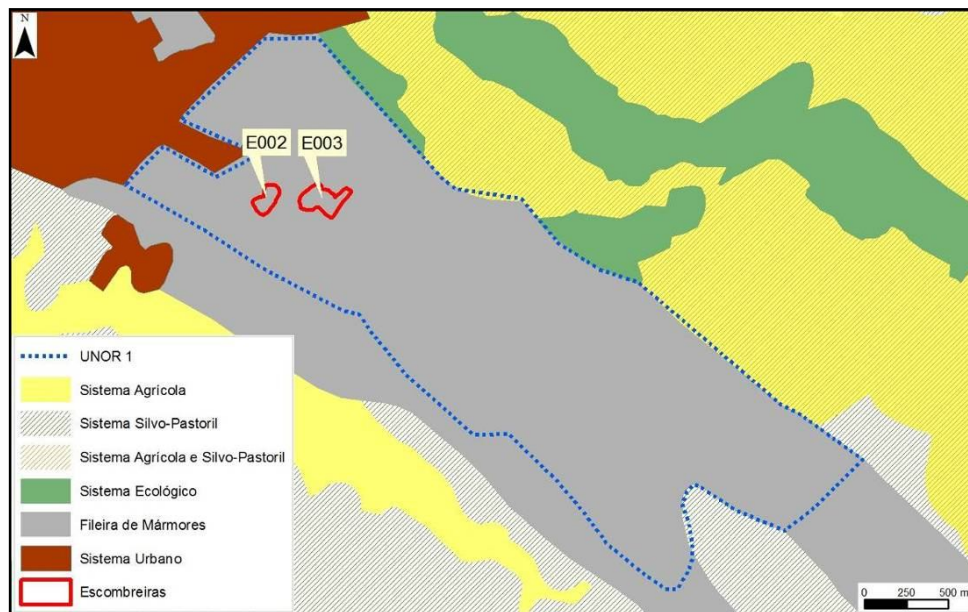


Figura 3.24 – Localização das escombrelas na UNOR 1 - Estremoz

3.6.3 UNOR 2 - Borba/Barro Branco/Ruivina

Na UNOR 2 identificam-se 9 escombrelas (E024, E026, E027, E028, E029, E030, E031, E040 e E122) dentro da unidade “Fileira de Mármore”.

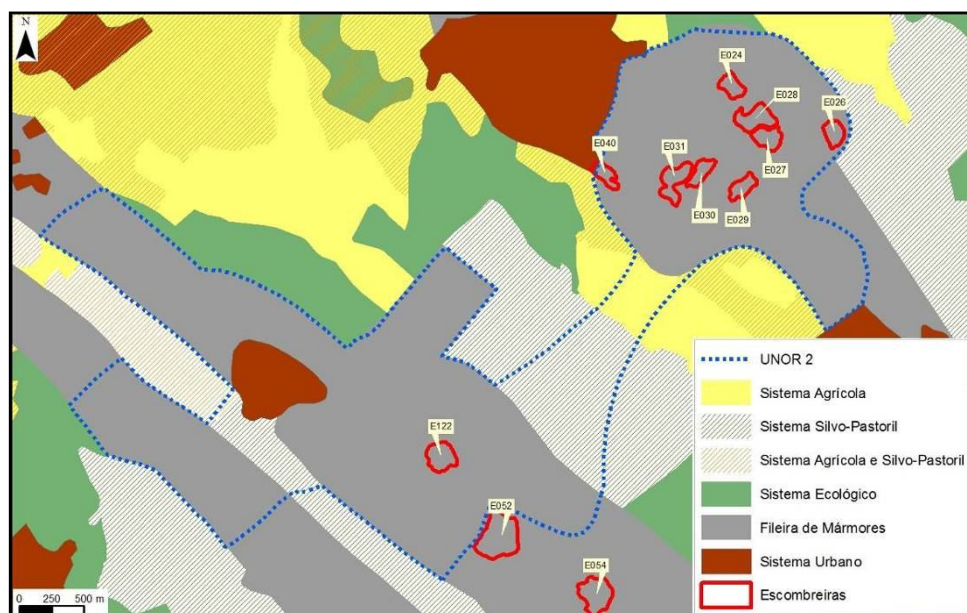
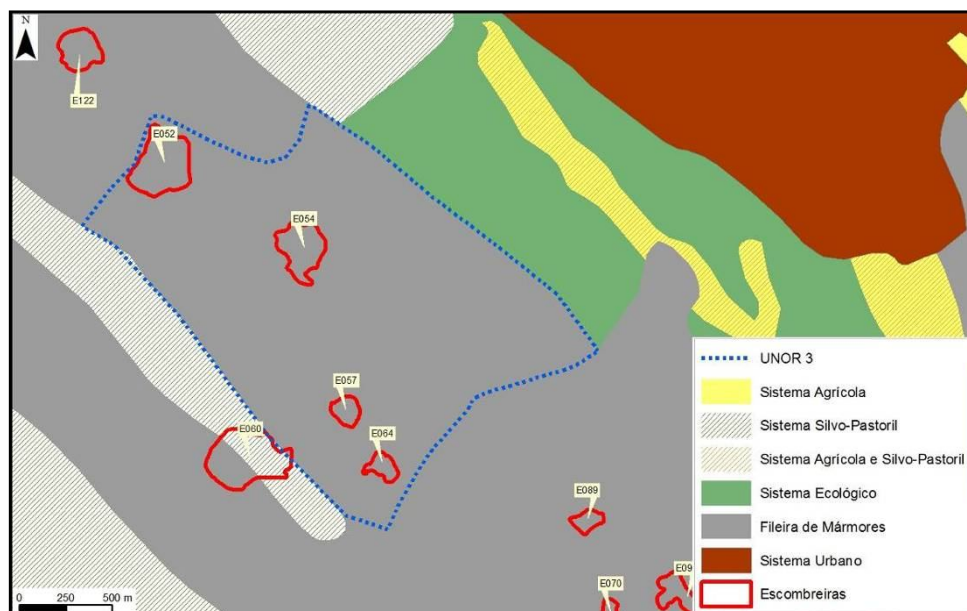


Figura 3.25 – Localização das escombrelas na UNOR 2 - Borba/Barro Branco/Ruivina

3.6.4 UNOR 3 - Vigária

Na UNOR 3 identificam-se 4 escombreyras (E052, E054, E026, E057 e E064) dentro da unidade “Fileira de Mármore”. Marginalmente encontra-se a escombreyra E060 em espaço silvo-pastoril.



3.6.5 UNOR 4 - Lagoa

Na UNOR 3 identificam-se 9 escombreyras (E022, E070, E072, E086, E089, E091, E094, E097 e E101) dentro da unidade “Fileira de Mármore”.

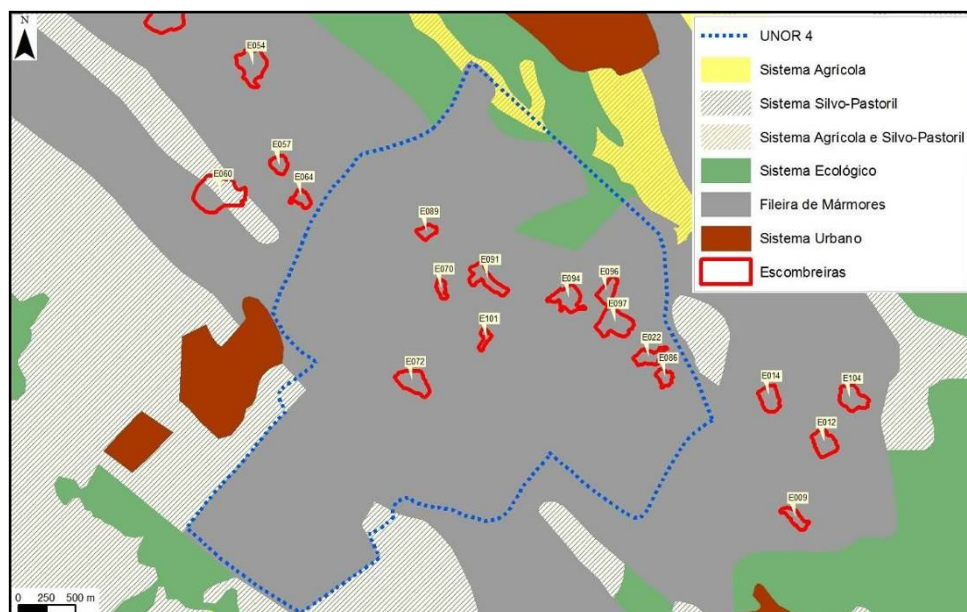


Figura 3.26 – Localização das escombreyras na UNOR 4 - Lagoa

3.6.6 UNOR 5 - Pardais

Na UNOR 5 identificam-se 4 escombrelas (E009, E012, E014 e E104) dentro da unidade “Fileira de Mármore”.

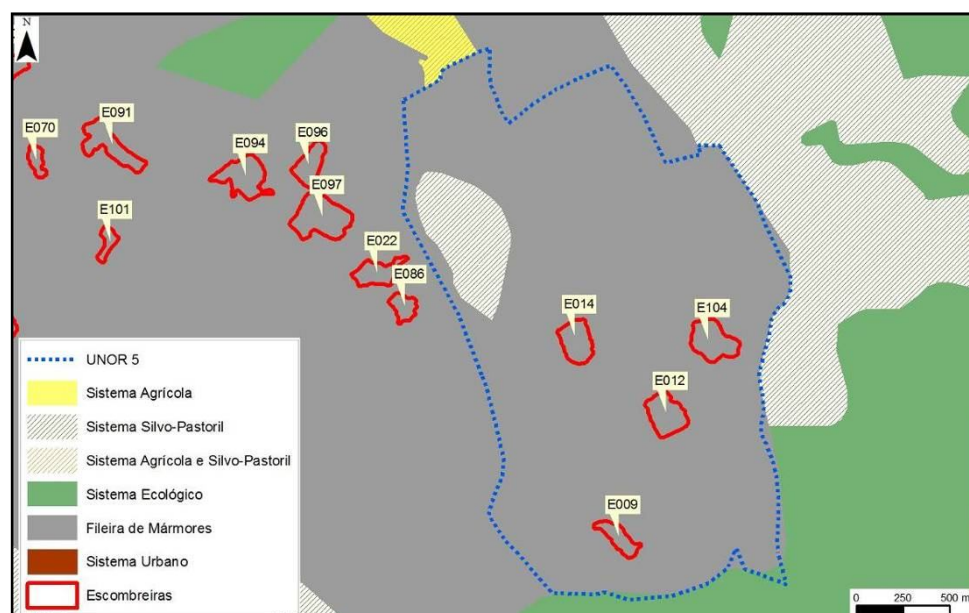


Figura 3.27 – Localização das escombrelas na UNOR 5 - Pardais

3.6.7 PDM de Estremoz

A Carta de Ordenamento do PDM de Estremoz, da qual se apresenta um extracto na Figura 3.28, classifica os terrenos ocupados pela escombrela E002 como “Área de elevado interesse/utilização” enquanto que a escombrela E003 se encontra repartida por esta categoria e ainda pela “Área de possível interesse/utilização” e “Área a Reservar”. Ambas as escombrelas se encontram dentro da categoria “Espaços Indústria Extractiva dos Mármore”.

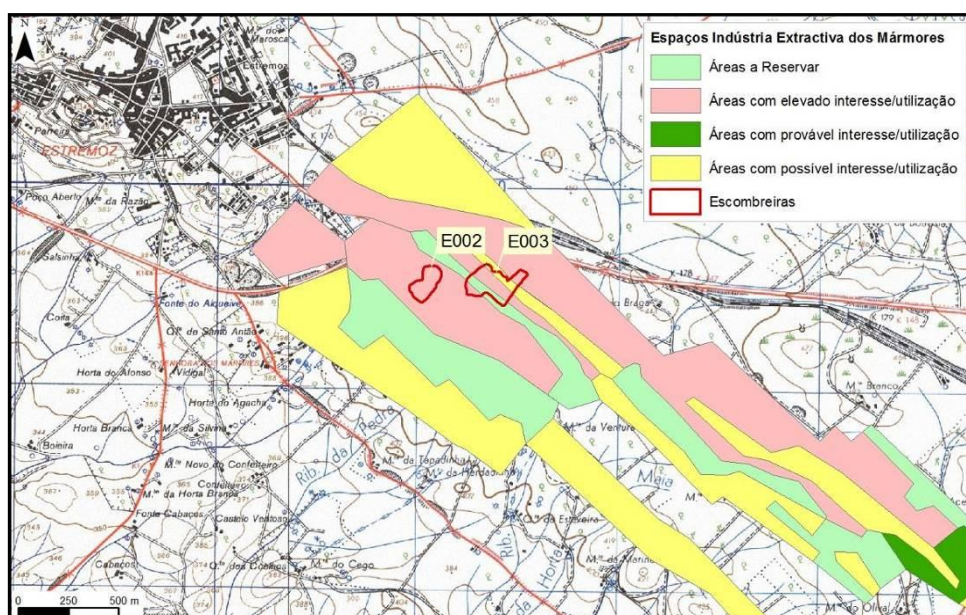


Figura 3.28 – Extracto da Carta de Ordenamento do PDM de Estremoz

Como se verifica da observação Carta de Condicionantes (Figura 3.29) as escombreiras E002 e E003 não se encontram em áreas classificadas como Reserva Agrícola Nacional (RAN) ou Reserva Ecológica Nacional (REN).

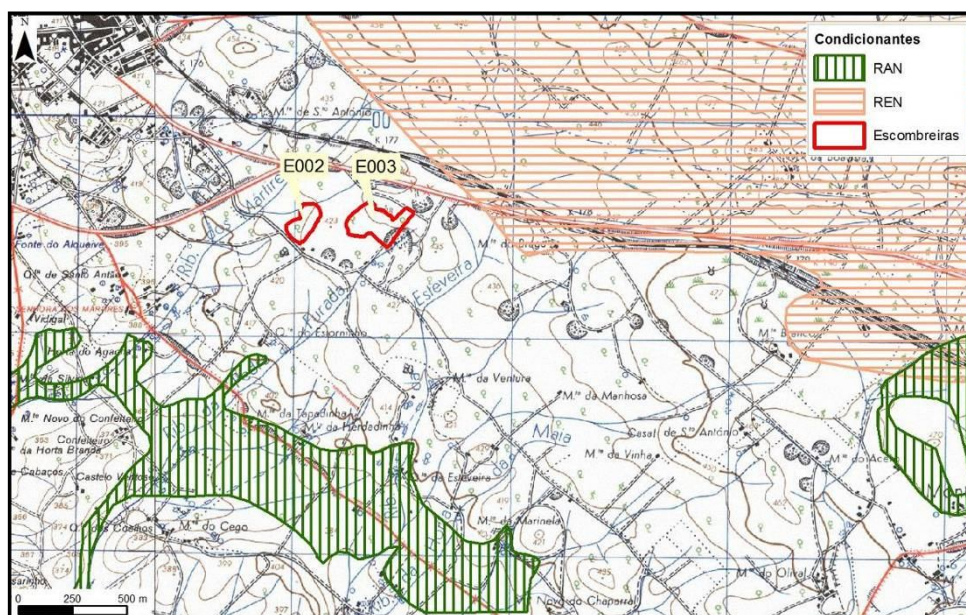


Figura 3.29 – Extracto da Carta de Condicionantes do PDM de Estremoz

3.6.8 PDM de Borba

De acordo com a Carta de Ordenamento do PDM de Borba (Figura 3.30), todas as escombreyas do concelho de Borba ocupam, total ou parcialmente, espaços fora dos Espaços Indústria Extractiva. As escombreyas E027 e E031 encontram-se, parcialmente, em Núcleos de Exploração.

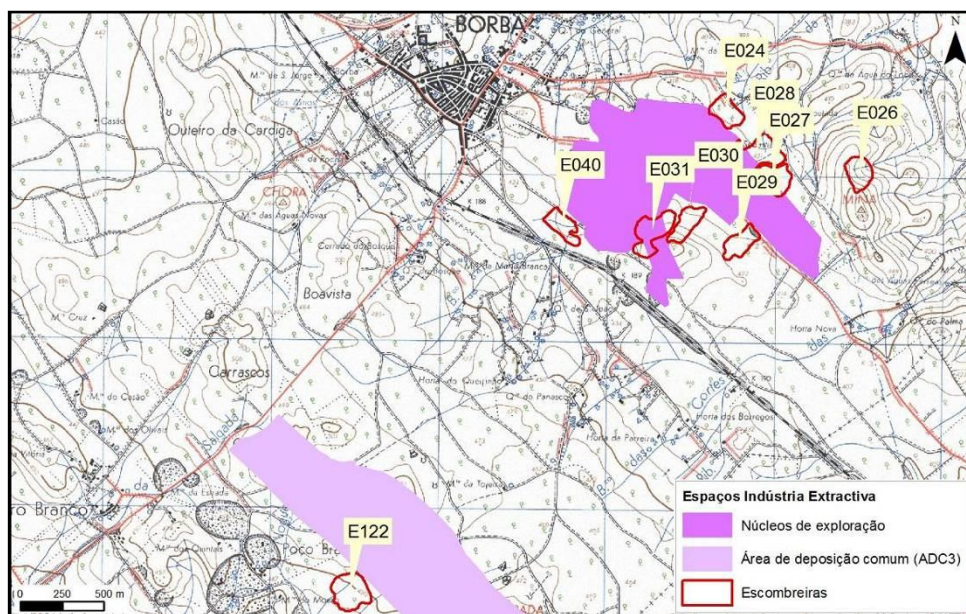


Figura 3.30 – Extracto da Carta de Ordenamento do PDM de Borba

No que respeita à Carta de Condicionantes, como se verifica da observação da Figura 3.30, todas as escombreyas se encontram fora de RAN e REN excepto a E026 (em REN).

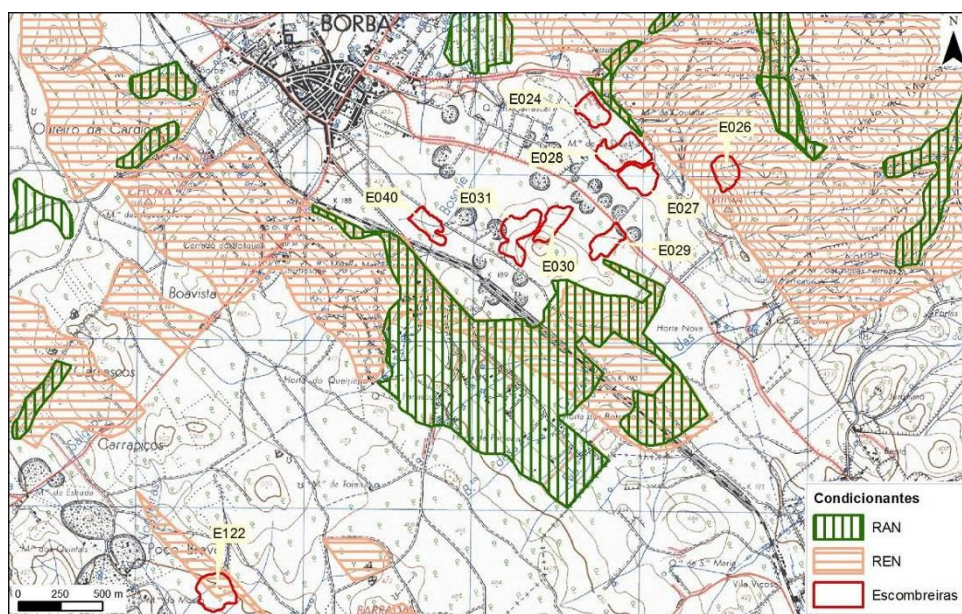


Figura 3.31 – Extracto da Carta de Condicionantes do PDM de Borba

3.6.9 PDM de Vila Viçosa

Como se observa no extracto da Carta de Ordenamento do PDM de Vila Viçosa (Figura 3.32), todas as escombreyras se encontram dentro da categoria Espaço Indústria Extractiva, sendo que à excepção da E104, que se encontra em “Área de deposição comum” e a E096, parte em “Área de Exploração” e parte em “Área de deposição comum”, todas as outras escombreyras se encontram em “Área de Exploração”.

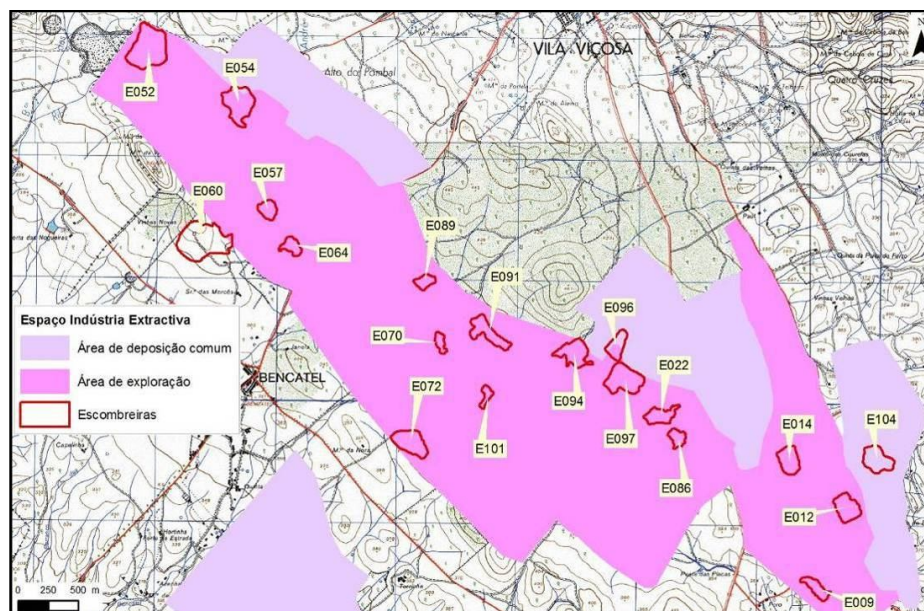


Figura 3.32 – Extracto da Carta de Ordenamento do PDM de Vila Viçosa

Relativamente à Carta de Condicionantes, como se observa na Figura 3.33, todas as escombreyras se encontram fora de RAN e de REN, excepto: E096 e E060, parcialmente em REN; E14 parcialmente em RAN.

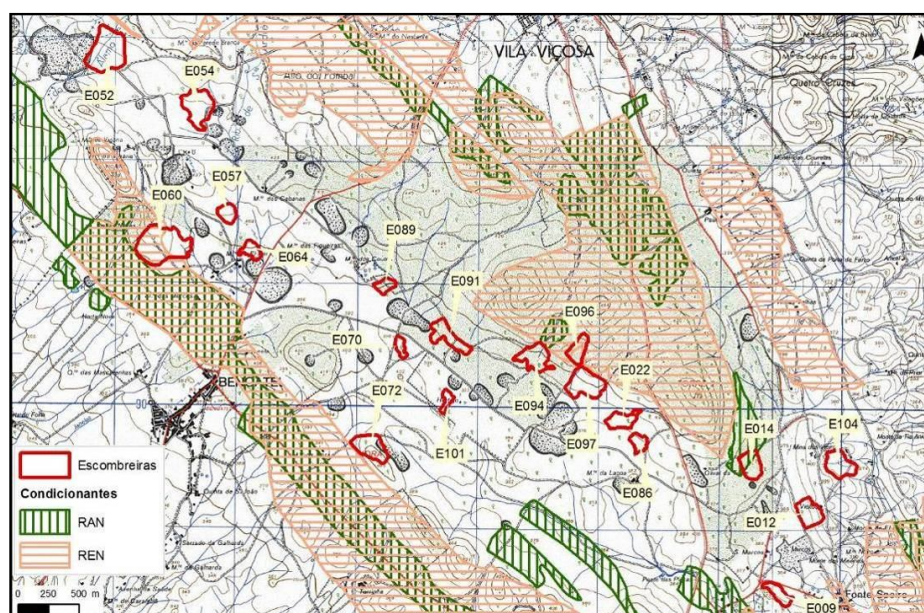


Figura 3.33 – Extracto da Carta de Condicionantes do PDM de Vila Viçosa

4 SÍNTESE DOS RESULTADOS

A distribuição geográfica das 30 escombreyras seleccionadas para a amostragem é representativa da dimensão e do número de explorações presentes em cada um dos sectores de exploração. No sector de Estremoz, núcleo de Cruz de Meninos, foram amostradas 2 escombreyras e no sector de Borba, núcleo de Borba, a amostragem incluiu 8 escombreyras. O sector de Vila Viçosa apresenta maior área e maior concentração de explorações, encontrando-se, neste caso, dividido em 3 núcleos de exploração: Núcleo de Mouro-Vigária, onde foram amostradas 6 escombreyras; Núcleo de Lagoa, com 10 escombreyras e Núcleo de Pardais, com 4 escombreyras amostradas.

No núcleo de Cruz de Meninos, a escombreyra maior (E003), apresenta um volume de matéria-prima de $464\,229\text{m}^3$, uma quantidade de $1\,253\,419\text{t}$ e um tempo de vida estimado de 12 anos; a escombreyra menor (E002), é constituída por $158\,485\text{m}^3$ de matéria-prima, uma quantidade correspondente a $427\,910\text{t}$ e com um tempo de vida estimado em 4,3 anos. Ambas as escombreyras estão a uma distância inferior a 0,5km da EN4 e inferior a 7km da A6.

No núcleo de Borba a maior escombreyra (E028) apresenta um volume estimado de matéria-prima de $665\,751\text{m}^3$, a que corresponde a uma quantidade de $1\,797\,528\text{t}$ e um tempo de vida de 18 anos; a menor escombreyra (E022) tem um volume de matéria-prima de $269\,354\text{m}^3$, uma quantidade de $727\,256\text{t}$ e um tempo de vida estimado em 7,2 anos. Todas as escombreyras estão a menos de 8km da EN4 e a menos de 9km da A6.

No núcleo de Mouro-Vigária a maior escombreyra (E060) apresenta um volume de matéria-prima de $2\,509\,617\text{m}^3$, correspondendo a $6\,775\,965\text{t}$ e a um tempo de vida estimado em 67 anos; a menor escombreyra (E064) apresenta um volume de matéria-prima de $167\,476\text{m}^3$, que equivale a $452\,184\text{t}$ e a um tempo de vida de 4,5 anos. Estas escombreyras encontram-se todas entre 5 e 11km da EN4 e entre os 10 e os 12km da A6.

No núcleo de Lagoa a maior escombreyra (E097) é constituída por $971\,105\text{m}^3$ de matéria-prima, o que corresponde a $2\,621\,983\text{t}$ e a 26 anos de tempo de vida; a de menor dimensão (E101) apresenta um volume de matéria-prima estimado em $79\,337\text{m}^3$, uma quantidade de $214\,210\text{t}$ e 2,1 anos de exploração. Todas as escombreyras deste núcleo encontram-se a mais de 11km das principais vias de comunicação (EN4 e A6), mas a menos de 14km.

No núcleo de Pardais a maior escombreyra (E104) tem um volume de matéria-prima estimado em $594\,072\text{m}^3$, correspondendo a $1\,603\,995\text{t}$ e a 16 anos de exploração; a menor escombreyra (E009) apresenta um volume de matéria-prima estimado em $216\,823\text{m}^3$, uma quantidade de $585\,423\text{t}$ e um tempo de vida de 5,8 anos. Em relação às principais vias de comunicação (EN4 e A6), estas escombreyras encontram-se entre os 12 e 15km de distância.

O mármore acumulado nestas escombreyras tem teores de CaCO_3 entre 89% e 98% com 21 escombreyras acima dos 95% e 7 acima de 97%. Entre os vários núcleos analisados destacam-se o núcleo de Cruz de Meninos pelos elevados teores de CaCO_3 e baixos teores na maioria dos elementos condicionantes analisados, e o núcleo de Borba pelos elevados teores em Fe_2O_3 e sua correspondência cromática nos mármore, predominantemente rosa. A maioria das amostras (60%) estão bem correlacionadas entre si e fortemente com as variáveis CaO e CaCO_3 .

Ao compararmos os dados que foram analisados relativamente ao material depositado nas escombreyras em estudo (média geral descritos na Tabela 3.16) com os dados publicados na Tabela 2.2 (vide pag.12) referentes à composição química dos mármore de Estremoz, Borba e Vila Viçosa, verifica-se que todos os dados analisados se encontram dentro dos limites entre o máximo e mínimo tabelados, havendo apenas dois que excedem o limite máximo: nomeadamente o CaO com um teor de 55,73% para um limite máximo de 55,55%, e o TiO_2 com teores de 0,02% para um limite máximo de 0,01%. De referir que o Na_2O possui teores médios que se encontram no limite mínimo tabelado (0,03%). Da análise destes resultados poder-se-á concluir que as amostras recolhidas nas escombreyras, do ponto de vista da composição química, são bastante representativas da matéria-prima existente *in situ*. Significando igualmente que a metodologia seguida para a recolha das amostras (vide 3.1) também contribuiu para o cumprimento deste objectivo.

Do ponto de vista do seu enquadramento no planeamento sectorial, todas as escombreyras se enquadram dentro das Unidades de Ordenamento definidas pelo PROZOM, excepto a escombreyra E060 que se encontra em espaço silvo-pastoril.

Quanto ao planeamento municipal, segundo a Carta de Ordenamento do PDM de Estremoz, ambas as escombreyras se encontram dentro da categoria “Espaços Indústria Extractiva dos Mármore”. Já de acordo com a Carta de Ordenamento do PDM de Borba, todas as escombreyras do concelho de Borba ocupam, total ou parcialmente, espaços fora dos “Espaços Indústria Extractiva” (as escombreyras E027 e E031 encontram-se, parcialmente, em Núcleos de Exploração). Na Carta de Ordenamento do PDM de Vila Viçosa, todas as escombreyras se encontram dentro da categoria “Espaço Indústria Extractiva”, sendo que à excepção da E104, (que se encontra em “Área de deposição comum”) e a E096 (parte em “Área de Exploração” e parte em “Área de deposição comum”), todas as outras escombreyras se encontram em “Área de Exploração”.

Em termos de condicionantes, como se verifica da observação da Carta de Condicionantes do PDM de Estremoz, nenhuma das escombreyras se encontra em áreas classificadas como RAN ou REN. No que respeita à Carta de Condicionantes de Borba, todas as escombreyras se encontram fora de RAN e REN excepto a E026 (em REN). Relativamente à Carta de Condicionantes de Vila Viçosa, todas as escombreyras se encontram fora de RAN e de REN, excepto: E096 e E060, parcialmente em REN; E14 parcialmente em RAN.

5 CONCLUSÕES

Um dos principais objectivos propostos foi claramente alcançado visto ter sido possível caracterizar as escombreyras em termos de volume (individual e total) e fazê-lo de uma forma faseada que permitisse poupança de tempo, racionalização de meios e de custos.

Com este objectivo atingido foi possível inventariar, com uma primeira abordagem de campo, um total de 178 escombreyras, o que permitiu a passagem a uma segunda fase de trabalhos definido como “programa de amostragem”. A metodologia estabelecida para a amostragem de cada escombreyra visou garantir a maior representatividade possível de cada amostra, cumprindo-se assim o objectivo desta segunda fase que era a produção de 30 amostras geograficamente representativas (visto cobrirem os diversos núcleos de exploração de mármore), e em função da metodologia, representativas de cada volume/escombreyra amostrada.

Face ao cumprimento deste objectivo, foi possível avançar para uma próxima fase, que passou pela caracterização laboratorial com a determinação de parâmetros químicos que pudessem apontar uma valorização da matéria-prima. Verificou-se que as escombreyras são relativamente homogêneas e representativas do local em que se encontram, na medida em que não há resultados díspares nem significativamente diferentes do mesmo tipo de resultados que se esperaria para a matéria-prima *in situ*.

Face aos resultados obtidos pelos ensaios laboratoriais, podem-se apontar algumas vias de valorização do material em estudo:

Pode-se apontar que as 7 escombreyras (E2, E3, E29, E31, E60, E94 e E12, com um volume total de matéria-prima de 5.107.550 m³ correspondentes a 137 anos de exploração) que apresentam CaCO₃ acima de 97% são adequadas para a fabricação de cal; e que as 21 escombreyras com CaCO₃ acima dos 95%, mas abaixo dos 97% poderão ser adequadas, pelo menos, para a produção cal hidráulica (que não requer teores de CO₃ muito elevados).

A valorização deste material das escombreyras poderá também passar pela produção de cimento uma vez que uma das matérias primas essenciais, a argila, se encontra em relativa abundância nas unidades geológicas do Silúrico e Devónico circundantes ao anticlinal de Estremoz.

Mesmo com todas estas sugestões não se pode esquecer a valorização mais comum deste tipo de material, e que já se encontra instalada no terreno, que consta da britagem da rocha a diferentes granulometrias para utilização em agregados para a construção.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BOYNTON, R. S. (1980) – Chemistry And Technology Of Lime And Limestone. *Wiley-interscience*, London, 592 p.

COSTA, C. (1992) – As Pedreiras do Anticlinal de Estremoz. A Geologia de Engenharia na Exploração e Recuperação Ambiental de Pedreiras. *Tese de Doutoramento, FCT/UNL*, Monte de Caparica, 470 p.

COSTA, C.; PINELO, A. e RODRIGUES, J. D. (1991) – Caracterização das escombreiras das explorações de mármore da região de Estremoz, Borba e Vila Viçosa. Relatório 246/91 – *NPR/GERO. LNEC*.

COSTA, C. N., BARROS, R., LAMBERTO, V., LOPES, L. & VINTÉM, C. (1998) –Mármore de Estremoz: Geologia, Prospeção, Exploração, Valorização e Ordenamento da Jazida. *V Cong. Nac. Geologia, Guia de excursão, IGM*, Lisboa, pp. 191-194.

DGGM (1983) – Catálogo de Rochas Ornamentais Portuguesas. *DGGM*, Lisboa. Vol. I.

DGGM (1984) – Catálogo de Rochas Ornamentais Portuguesas. *DGGM*, Lisboa. Vol. II.

DGGM (1985) – Catálogo de Rochas Ornamentais Portuguesas. *DGGM*, Lisboa. Vol. III.

GONÇALVES, F. (1972) – Observações sobre o Anticlinório de Estremoz. Aspectos geológico-económicos dos mármore. *Estudos, Notas e Trabalhos. Serv. Fomento Mineiro*, Porto, XXII (1-2).

LADEIRA, F. L. (1977) – Mármore. *Bol. Minas*, Vol. 14, nº 4, D.G.M.S.G., Lisboa, pp. 195-199.

LAMBERTO, V. (1997) – Contribuição da Estatística Espacial Multivariada para o Zonamento das Rochas Ornamentais de Estremoz. *Tese Mestrado, IST*, Lisboa, 153 p.

MANUPPELLA, G., MOREIRA, J. B. & ROMÃO, M. L. (1981) – Calcários Portugueses Sua Utilização Industrial. *Bol. Minas, D.G.G.M.*, Lisboa, Vol. 18, nº 4, pp. 271-283.

MOURA, A.C. (1991) – Rochas Ornamentais Carbonatadas de Portugal: os Mármore. Definição e Características Gerais. *Bol. Minas*, 28, D.G.G.M., Lisboa, pp. 3-15.

OLIVEIRA, J.T., OLIVEIRA, V. & PIÇARRA, J.M. (1991) – Traços Gerais da Evolução Tectono-Estratigráfica da Zona de Ossa-Morena, em Portugal. *Cuadernos Lab. Xeol. Laxe*, Coruña, 16, pp. 221-250.

PEREIRA, V.M.C. (1981) – Mármore de Estremoz, Borba, Vila Viçosa. Contribuição para o seu conhecimento. *A Pedra*, ASSIMAGRA, Lisboa (4), pp. 25-33.

PIÇARRA, J. & LE MENN, J. (1993) – Crinoids in the Estremoz Marbles. A Contribution to the Ossa-Morena Zone Stratigraphy. *XII Reunião de Geologia do Oeste Peninsular*, Évora, Vol. II, 107 p.

PROZOM (2001) - Plano Regional de Ordenamento do Território da Zona dos Mármore. Opções Estratégicas - Normas Orientadoras. *DRAOT-Alentejo*.

REIS, E.(1997) - Estatística Multivariada Aplicada. *Edições Sílabo Lda.*, Lisboa, 343 p.

RILEY (1980) – Recommended tests to measure the deterioration of stone and to assess the effectiveness of treatment methods. *Materiaux et constructions*, vol. 13, nº 75.

SILVA, M. (2010) - Estudo comparativo de dois solos argilosos estabilizados com cal. *Tese de Mestrado, FCT/UNL*, Monte de Caparica, 90 p.

VELHO, J; GOMES, C. & ROMARIZ, C., (1998) - Minerais Industriais. Geologia, propriedades, tratamentos, aplicações, especificações, produções e mercados. *Gráfica-Coimbra*, Coimbra, 591 p.

<http://www.lenaagregados.pt/produtos.php?pid=20>

http://agregados.mota-engil.eu/index.php?option=com_content&task=view&id=56&Itemid=73

<http://fennerschool-associated.anu.edu.au/mensuration/blume.htm>